

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский государственный технический университет
им. Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Калужский филиал МГТУ имени Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИБОРО- И МАШИНОСТРОЕНИИ И РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВУЗЕ

**Материалы
Региональной научно-технической конференции**

Том 1



Калуга 2022

УДК 378:001.891
ББК 74.58:72
НЗ4

Руководитель конференции:

С.А. Кусачева (председатель совета по НИР студентов и аспирантов,
к.б.н., доцент)

Руководители направлений:

Ю.Н. Лавренков (ф-т ИУК, к.т.н., доцент),
В.В. Калмыков (ф-т МК, ст. преподаватель)

Руководители секций:

<i>Андреев В.В.</i> д.т.н., профессор	<i>Корнюшин Ю.П.</i> д.т.н., профессор
<i>Шаталов В.К.</i> д.т.н., профессор	<i>Перерва О.Л.</i> д.э.н., профессор
<i>Лаврентьева Г.В.</i> д.б.н., профессор	<i>Мазин А.В.</i> д.т.н., доцент
<i>Рамазанов А.К.</i> к.ф-м.н., доцент	<i>Мельников Д.В.</i> к.т.н., доцент
<i>Бирюкова Е.А.</i> к.филос.н., доцент	<i>Анфилов К.Л.</i> к.х.н., доцент
<i>Мальшев Е.Н.</i> к.т.н., доцент	<i>Пономарев А.И.</i> к.т.н., доцент
<i>Анкудинов А.А.</i> к.т.н., доцент	<i>Шубин А.А.</i> к.т.н., доцент
<i>Максимов А.В.</i> к.т.н., доцент	<i>Пащенко В.Н.</i> к.т.н., доцент
<i>Сломинская Е.Н.</i> к.т.н., доцент	<i>Орлик Г.В.</i> к.т.н., доцент
<i>Жинов А.А.</i> к.т.н., доцент	<i>Кусачева С.А.</i> к.б.н., доцент

НЗ4 **Научное развитие технологий в приборостроении и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе:** материалы региональной научно-технической конференции, 18 – 20 апреля 2023 г. Т. 1. –Калуга: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023. –353 с.

В сборнике материалов Региональной научно-технической конференции представлены результаты научных исследований, выполненных учеными в течение ряда лет. Систематизированы материалы различных научных школ. Результатами научных исследований являются новые методы, вносящие вклад в развитие теории, а также прикладные задачи, воплощенные в конструкции и материалы.

УДК 378:001.891
ББК 74.58:72

© Коллектив авторов, 2023
© Калужский филиал МГТУ
им. Н. Э. Баумана, 2023
© Издательство МГТУ
им. Н. Э. Баумана, 2023

СЕКЦИЯ 1.

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

ВЫБОР ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА С ЧПУ

Актуальными задачами для машиностроительных предприятий являются уменьшение трудоемкости операций и себестоимости производства деталей с сохранением установленных показателей качества. Современные промышленные предприятия характеризуются существенным распространением и применением многофункциональных станков с ЧПУ. Использование данного типа оборудования повышает производительность обработки и улучшает качество производимых изделий [1].

Станки с ЧПУ для фрезеровки позволяют выполнять широкий диапазон работ с разными материалами. В ходе обработки может меняться инструмент и количество его оборотов, угол поворота шпинделя, что позволяет проводить не только фрезерные работы, но и много других операций.

Использование программно-управляемых станков (особенно обрабатывающих центров) внесло значительные перемены в технологию обработки корпусных деталей, что дало возможность комплексной обработки за наименьшее число операций и установов. Например, фрезерно-расточные станки горизонтального типа позволяют обработать детали коробчатой формы за одну установку с четырех сторон.

Ниже описаны выбранные модели станков такого типа, их особенности и технологические возможности.

Вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ ФС65МФ3

Вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ ФС65МФ3 – высокоточный станок, используемый для многоинструментальной фрезерной обработки деталей относительно небольших размеров (грузоподъемность – 500 кг) сложной криволинейной формы. Позволяет комбинировать в одном рабочем цикле операции фрезерования, сверления, растачивания и нарезания резьбы, и как следствие снижает накладные расходы.

Максимальная виброустойчивость шпиндельной бабки обеспечивается системой азотного гидроцилиндра, что особенно важно при нарезании резьбы метчиком [2].

Шпиндель (12 000 об/мин) картриджного типа подходит для чистовой обработки широкого спектра материалов, особенно цветных металлов. Высокий крутящий момент на шпинделе (S1 57 Нм и S6 135 Нм) позволяет проводить черновую обработку чугуна и различных сталей.

Все комплектующие от мировых производителей: Siemens, PMI Group и/или HIWIN. Это обеспечивает большую динамичность, сокращая время циклов за счет динамичных холостых ходов и улучшенной точности перемещений и позиционирования.

Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ HAAS TM-1

Фрезерные станки Toolroom серии TM от Haas – оборудование с полными возможностями ЧПУ, в том числе функциональностью 4-ой и 5-ой осей по дос-

тупной цене, позволяющее обрабатывать прямые и фасонные поверхности, пазы, канавки, отверстия, нарезать зубья зубчатых колёс, резьбу, а также разрезать металл [3].

Такие станки – хороший вариант для компаний, переходящих на ЧПУ, или для тех, кому нужен недорогой станок с большим ходом.

HAAS TM-1 простой в использовании и изучении, даже без знания G-кода.

Универсальный фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ DMU 50

Вертикально-фрезерный центр DMU 50 предназначен для 5-осевой обработки, как обычных, так и формообразующих небольших деталей, главным образом торцовыми и концевыми фрезами, сверлами.

Сочетание таких функций как, например, контроль изменения ускорения, предварительный выбор параметров ускорения, Look-ahead и действующая ориентация инструмента, позволяет использовать технологии и лучше приспособиться к изменяющимся требованиям по скорости, точности и качеству поверхности. Техника систем управления SIEMENS поможет увеличить производительность в каждом аспекте - при программировании, обслуживании и отработке программы [4].

Инструментальный магазин станка DMU 50 с быстродействующим двойным рейфером дает возможность проводить оснащение инструментом во время процесса производства, это позволяет сократить время обработки.

Оснащение станка опциональными мотор-шпинделями speedMASTER с характеристиками 20 000об/мин обеспечивает станок достаточной мощностью для обработки непростых материалов.

Горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ IP320ПМФ4

Горизонтальный обрабатывающий центр IP320ПМФ4 предназначается для комплексной обработки сложных особо точных корпусных деталей в автономном режиме или в составе гибких производственных систем.

Данное оборудование позволяет производить сверление, растачивание точных отверстий, фрезерование по контуру и резьбонарезание метчиками и резцом, а также токарную обработку [5].

Широкий диапазон частот вращения шпинделя и скоростей подач позволяет обрабатывать детали из различных конструкционных материалов с высокой производительностью.

Накопитель рассчитан на четыре столов-спутников с заготовками и обработанными деталями.

Основные технические данные станков приведены в табл. 1.

Вывод: по комплексному показателю выбираем станок модели ФС65МФ3. Он выигрывает:

- по частоте вращения шпинделя у станка модели HAAS TM-1 в 3 раза, у IP320ПМФ4 – в 2,4 раза;
- по мощности привода у станка модели HAAS TM-1 в 4,5 раза, у DMU 50 – в 2,8 раза, у IP320ПМФ4 – в 1,9 раз;

- по погрешности позиционирования у станков моделей DMU 50 и ИР320ПМФ4 в 4 раза, у HAAS TM-1 – в 2,5 раза;

и проигрывает:

- по стоимости станку модели HAAS TM-1 в 1,7 раз, ИР320ПМФ4 – в 1,1 раз;
- по классу точности станкам моделей DMU 50 и ИР320ПМФ4 в 1,6 раз;
- по ёмкости накопителя инструментов станку модели ИР320ПМФ4 в 2,25 раза, HAAS TM-1 – в 1,25 раз.

Таблица 1.

Технические данные станков

№	Параметры станка	Модель станка			
		ФС65МФ3	HAAS TM-1	DMU 50	ИР320ПМФ4
1	Стоимость, руб	3 990 000	2 400 000	10 000 000	3 500 000
		3	1	4	2
2	Класс точности станка	Н	Н	П	П
		2	2	1	1
3	Частота вращения шпинделя	12000	4000	12000	5000
		1	3	1	2
4	Мощность привода, кВт	25	5,6	9	13
		1	4	3	2
5	Погрешность позиционирования, мм	±0,004	±0,010	±0,016	±0,016
		1	2	3	3
6	Ёмкость накопителя инструментов	16	20	16	36
		3	2	3	1
7	Габариты станка, мм	2060x1900x2500	2000x1400x2000	5500x4935x2530	6850x2300x2507
		2	1	4	3
Σ		13	15	19	14

Список литературы

[1]. Ковальчук Е.Р., Соломенцева Ю.М. Основы автоматизации машиностроительного производства. М.: Высшая школа, 1999. 313 с.

[2]. Балла, О. М. Инструментообеспечение современных станков с ЧПУ: учебное пособие / О. М. Балла. – Санкт-Петербург: Лань, 2017. – 200 с.

[3]. Босинзон, М. А. Современные системы ЧПУ и их эксплуатация. М.: Академия, 2008. 192 с.

[4]. Серебrenицкий П.П. Программирование автоматизированного оборудования. М.: Дрофа, 2008. 592 с.

[5]. Лесли В. Использование станков с программным управлением. М.: Машиностроение, 1976. 420 с.

Мурлина Полина Валерьевна – студентка КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: murlinapv@student.bmstu.ru

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК ЛИТЬЕМ

Выбор метода получения заготовки – одна из важнейших стадий проектирования технологического процесса. От того, насколько рационально выбрана заготовка, зависит успех при механической обработке детали. От правильности установления формы, размеров и припусков на обработку и твердости материала зависят: расход материалов, число операций или переходов, износ инструмента, трудоемкость и, в итоге, стоимость процесса обработки и изготовления детали в целом [1].

Литейное производство играет большую роль в современном машиностроении, так как отличается рядом преимуществ в сравнении с другими способами, среди которых можно выделить основные:

- Получение заготовок сложной конфигурации и высокими механическими свойствами;
- Получение отливок массой от нескольких граммов до нескольких сотен тонн;
- Разнообразие литейных сплавов;
- Доступность, простота и эффективность способа.

Литейное производство включает в себя более 50 видов. К ним относятся как классические методы – литье в разовые формы, литье по выплавляемым моделям, литье в кокиль, литье под давлением и центробежное литье, так и более современные – литье с применением аддитивных технологий, например, применение 3D – принтеров.

Ниже описаны основные из методов получения заготовок литьем.

Литье в песчано – глинистые формы

Метод представляет собой процесс получения отливок с помощью свободной заливки сплава в форму из песка, глины, воды и небольшого количества других добавок.

На долю литья в песчано-глинистые формы сегодня приходится около 70% всех отливок [2].

Литейная разовая песчаная форма состоит из двух полуформ, которые получают уплотнением формовочной смеси вокруг соответствующих частей деревянной или металлической модели в специальных металлических рамках – опоках. Модель отличается от отливки размерами, наличием формовочных уклонов, облегчающих извлечение модели из формы, и знаковых частей, предназначенных для установки стержня, образующего внутреннюю полость в отливке. В верхней полуформе выполняется воронка и система каналов, по которым поступает литейный сплав в полость формы. После остывания форма разбирается и извлекается готовая отливка.

При серийном производстве за счет использования машинной формовки достигается класс точности отливки 7...10 класса, шероховатость $Rz = 320 - 80$ мкм и точность поверхности, соответствующей 14 – 16 качеству [3].

Литье в оболочковые формы

Литье представляет собой изготовление отливок путем заливки сплава в разовую тонкостенную разъемную форму из песчаносмоляной смеси с терморезактивным связующим по металлической нагреваемой модельной оснастке, с последующим затвердеванием материала, охлаждением заготовки в форме и выбивкой ее из формы [3].

Формовочная смесь из мелкозернистого кварцевого песка и термоактивной смолы насыпается на нагретую модельную плиту и выдерживается около 10 – 30 с. Вследствие смола переходит в жидкое состояние, склеивает песчинки с образованием песчано-смоляной оболочки толщиной 5 – 20 мм. Избытки формовочной смеси удаляются, и модельная плита вместе с оболочкой устанавливается в печь. Затвердевшая оболочка снимается с модели с помощью толкателей. Готовые оболочковые полуформы склеивают на специальных прессах, предварительно установив в них литейные стержни, или скрепляют скобами. Заливка форм проводится в вертикальном или горизонтальном положении.

Данный метод литья обеспечивает шероховатость поверхности $Rz = 160 - 40$ мкм при точности поверхности по 14 – 12 качеству.

Литье в кокиль

Сущность процесса состоит в многократном применении металлической формы (кокиля). Целесообразность литья в металлические формы во многом зависит от стойкости форм, их долговечности и стоимости [3].

Рабочие поверхности кокиля с вертикальной плоскостью разреза, состоящие из правой и левой полуформ, поддона и металлического стержня, предварительно нагревают и покрывают слоем огнеупорного покрытия, которое защищает эти поверхности от резкого нагрева и схватывания с отливкой, а также позволяет регулировать скорость охлаждения расплава для обеспечения высокого качества. Далее на металлический стержень устанавливают песчаный стержень, предназначенный для образования расширяющейся части полости отливки. Затем половины кокиля соединяют друг с другом, скрепляют и заливают расплавом. После затвердевания и охлаждения отливки кокиль раскрывают и вытягивают металлический стержень. Освобожденная отливка подается на дальнейшие операции очистки и механической обработки.

Литье в кокиль позволяет получить точность поверхности, соответствующей 12 – 13 качеству и шероховатость $Ra = 25 - 6,3$ мкм.

Литье по выплавляемым моделям

Литейная форма представляет собой неразъемную тонкостенную прочную оболочку, негасящую, высокоогнеупорную с гладкой рабочей поверхностью [4].

Сущность литья заключается в изготовлении по чертежу отливки пресс – формы, в которой формируют модель. Для получения моделей в пресс-формах применяют различные легкоплавкие материалы или составы (парафин, стеарин, церезин, канифоль и др.). После подготовки пресс-формы полость заполняют легкоплавким модельным составом. В полости модельный состав охлаждается и за-

твердевает. Полученную модель извлекают из пресс-формы и охлаждают до нормальной температуры. Следует иметь в виду, что с помощью пресс-формы образуют как наружные, так и внутренние поверхности модели. Стержни для получения внутренних полостей или отверстий при литье по выплавляемым моделям, как правило, не применяют.

Метод обеспечивает точность по 9-12 качеству и шероховатость поверхности Ra 12,5 – 3,2 мкм.

Литье под давлением

Представляет собой процесс получения сложных тонкостенных отливок в металлических формах, при котором заливка металла и формообразование отливки осуществляется при давлении воздуха или поршня. Применение черных металлов стали и чугуна для литья под давлением ограничено.

Сущность процесса заключается в заливке расплавленного металла в камеру сжатия литейной машины и последующей подаче его через литниковую систему в полость формы. Заполнение формы происходит при высокой скорости потока, что способствует четкому оформлению поверхностей отливок самой сложной конфигурации [4].

Стержни при литье под давлением – стальные, применение песчаных стержней исключается, так как заполняющий форму под высоким давлением металл может их разрушить.

Метод обеспечивает точность по 8-12 качеству и шероховатость поверхности Ra 6,3 – 1,6 мкм.

Центробежное литье

Сущность метода сводится к получению отливок путем заливки расплавленного металла во вращающуюся форму, в которой формование отливки происходит под действием центробежных сил. Является видом литья, при котором используются как разовые, так и постоянные формы, что дает возможность комбинировать центробежное литье с другими видами литья.

Внешняя поверхность отливки оформляется формой (изложницей), а внутренняя получается под действием центробежных сил. Форма приводится во вращение на специальных машинах с вертикальной, горизонтальной или наклонной осью вращения. На машинах с вертикальной осью вращения отливаются детали, имеющие высоту не более 500 мм. На машинах с горизонтальной осью вращения отливка получается равностенной на любой длине при достаточной скорости вращения, что позволяет по этой схеме получать длинные трубы. [3]

Таким образом, можно сделать вывод, что рассмотренные методы имеют свои преимущества, недостатки и особенности. Литье в песчано – глинистые применяют, если к большинству поверхностей детали не предъявляются повышенные требования к качеству поверхности в условиях мелко- и среднесерийного производства, к тому же, технологическая оснастка имеет малую стоимость. Литье в оболочковые формы более точное, но стоимость формовочных материалов возрастает вследствие применения смолы. Литье в кокиль целесообразно применять для ответственных деталей сложной конфигурации в условиях массового производства из-за высокой стоимости металлических форм. При литье по выплавляе-

мым моделям целесообразно получать небольшие отливки, сложные по форме, имеющие тонкие стенки и стоит учесть, что процесс является крайне продолжительным, но единственно возможным для некоторых труднообрабатываемых сплавов. Литьем под давлением изготавливают сложные тонкостенные отливки в условиях массового производства, поскольку возможна автоматизация процесса, применение черных металлов стали и чугуна для литья под давлением ограничено, так как при этом очень низка стойкость пресс-форм. Центробежное литье дает наибольший экономический эффект в крупносерийном и серийном производстве отливок типа тел вращения, но возникают трудности при получении точных отверстий в детали.

Следовательно, выбирать оптимальный метод следует исходя из требуемых параметров конкретной обрабатываемой детали и типа производства.

Список литературы

[1]. *Афонкин М.Г.* Производство заготовок в машиностроении / М.Г. Афонкин, М.В. Магницкая. – М.: Машиностроение, 1987. – 255 с.

[2]. *Безъязычный В. Ф.* Основы технологии машиностроения: учебник / В. Ф. Безъязычный. – 3-е изд., исправл. – Москва: Машиностроение, 2020. – 568 с. – ISBN 978-5-907104-27-3. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/151069> (дата обращения: 17.03.2023).

[3]. *Зубарев Ю.М.* Способы получения заготовок деталей современного машиностроительного производства / Ю.М. Зубарев, В.М. Петров, Н.Н. Ревин [и др.]. – СПб.: Изд – во ПИМаш, 2006. – 100с.

[4]. *Кузнецов В. Г.* Технология литья: учебное пособие / В. Г. Кузнецов, Ф. А. Гарифуллин, Г. С. Дьяконов. – Казань: КНИТУ, 2012. – 148 с. – ISBN 978-5-7882-1360-6. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/73445> (дата обращения: 18.03.2023).

Сопроненкова Тамара Владимировна – студентка КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: sopronenkovatv@student.bmstu.ru

ВЫБОР МЕТОДА ОБРАБОТКИ ТОЧНЫХ ОТВЕРСТИЙ В АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ

При выборе метода обработки точных отверстий необходимо обеспечить: а) размерные и геометрические параметры отверстий; б) прямолинейность геометрической оси отверстий; в) необходимую взаимосвязь геометрической оси отверстий с другими осями и поверхностями детали.[5]

Алюминий – является одним из самых популярных металлов, из которого изготавливают множество разнообразных деталей. Он обладает такими свойствами как – легкость, прочность, у него высокие показатели коррозионной стойкости, к тому же, легко обрабатывается. К механической обработке обычно относят все процессы обработки резанием: токарную обработку, фрезерование, строгание, сверление, пиление и протягивание.[3]

Существует несколько методов получения точных отверстий, вот ключевые из них: Растачивание; Фрезерование; Протягивание. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки. Рассмотрим каждый из методов подробнее.

Растачивание

Растачивание отверстий – это обработка лезвийным режущим инструментом, в результате которой возможно получить цилиндрические, конические, фасонные поверхности, а так же обеспечить необходимый размер, его точность, показатели точности расположения отверстий и так далее.

Данный метод механической обработки имеет меньшую производительность, чем фрезерования и протягивание, но позволяет обрабатывать цилиндрические поверхности большого диаметра с допуском 0,02 мм и качеством = 6. [6]

Для растачивания используют различное оборудование, но в основном это специальные расточные станки с ЧПУ. Так же растачивание может производиться на универсальных станках токарной группы.

При растачивании режущую кромку следует располагать по-разному, в зависимости от вида растачивания. При черновом растачивании режущую кромку рекомендуется устанавливать на высоте центров или немного ниже. При чистовом растачивании режущую кромку нужно располагать выше линии центров примерно на 0,01 диаметра отверстия, иначе по средством сил резания резец может быть отжат вниз.

Фрезерование

Алюминий – пластичный металл, при фрезеровании это означает повышенную склонность к появлению рисок, вмятин и прочих дефектов, очень заметных на поверхности готового изделия. Испортить заготовку можно уже на этапе закрепления на рабочем столе станка. Поэтому для алюминиевых заготовок – особенно тонкостенных панелей больших размеров – рекомендуется заменять механический прижим заготовки на ее крепление системой «вакуумный стол». По той же причине алюминий очень чувствителен к вибрации инструмента. При определенных условиях, даже на умеренной скорости обработки, алюминиевая стружка

склонна забивать канавки фрезы, делая инструмент непригодным к использованию. Для исключения подобного явления требуется использовать качественные фрезы, применять систему СОЖ и грамотно подбирать режимы резания.

Особые требования к фрезерованию отверстий в алюминии:

- выполнять работы более подходящий для операции инструментом;
- использовать СОЖ;
- грамотно выбирать требуемые режимы фрезерования.

Фрезеровка алюминия считается одним из самых простых и востребованных способов его обработки. Для алюминия высокая скорость обработки является наиболее предпочтительной. Суть обработки заключается в том, что высокая частота вращения шпинделя при обработке алюминия сочетается с возможностью увеличения глубины резания. Например, для сталей глубина резания при ВСО остается той же, что и при «медленной» обработке.[2]

Новые методы приводят к пересмотру технологических приемов обработки деталей. Так возможность быстрой и качественной фрезеровки позволяет отказаться от выпуска отдельных, дорогостоящих в обработке корпусных деталей, и заменить их более экономичными цельными компонентами сложной конструкции и формы [1].

Протягивание

Протяжка – многозубчатый инструмент с рядом последовательно выступающих друг над другом зубьев в направлении, перпендикулярном скорости главного движения резания.

Протягиванием достигается IT7-9 с Ra = 0,2-0,63 мкм. Благодаря одновременной работе нескольких режущих зубьев, обрабатывается большой периметр заготовки, за счет этого растет производительность.

Режущую часть протяжек делают из инструментальных сталей и твердых сплавов. Чаще протяжки изготавливают из быстрорежущей стали P18, для протягивания деталей из алюминиевых сплавов применяют легированную сталь ХВГ.

Ограничения при обработке протягиванием:

Длина протяжки

Форма получаемой поверхности

Шлицевое отверстие можно получить только после предварительной обработки отверстия. [4]

Достоинства протягивания:

- высокая производительность (производительность при протягивании в 3–12 раз выше, чем при других видах обработки);
- возможность обработки поверхностей сложной формы;
- высокая точность и низкая шероховатость обработанных поверхностей благодаря наличию черновых, чистовых зубьев;
- высокая стойкость инструмента, исчисляемая несколькими тысячами деталей и достигаемая благодаря оптимальным условиям резания и большим резервам на переточку;

- простота конструкции станков, которые не имеют коробок подач, а движение резания осуществляется чаще всего с помощью силовых гидроцилиндров;
- простота осуществления операции, что не требует высокой квалификации станочника.

Недостатки протягивания:

- протяжка – узкоспециализированный инструмент, предназначенный для обработки строго определенной поверхности, с конкретными размерами, фиксированной максимальной длиной протягивания и материалом заготовки;
- протяжки являются дорогими, сложными в изготовлении и переточке инструментами.

По сравнению методов можно сделать вывод о том что, для получения точных отверстий из алюминиевых сплавов следует выбрать фрезерование, поскольку оно является более универсальным.

Список литературы

[1]. *Балла О.М.* Технологическая подготовка производства для станков с ЧПУ. Проектирование и изготовление специальных и специализированных фрез. Издательство "Лань". Учебное пособие для вузов, 2022 – 512 с. Режим доступа: <https://reader.lanbook.com/book/187561#152>.

[2]. *Виттингтон К.* Высокоскоростная обработка механообработка / К. Виттингтон, В. Власов // САПР и графика – 2002. С. 43-51.

[3]. Галевский Г.В., Кулагин Н.М. Металлургия алюминия. Учебное пособие, 1999 – 186 с.

[4]. *Зубарев Ю.М.* Технологическое обеспечение надежности эксплуатации машин. Издательство «Лань». Учебное пособие, 2022 – 320 с. Режим доступа: <https://reader.lanbook.com/book/213005#268>.

[5]. *Кирсанов С.В., Гречишников В.А., Григорьев С.Н., Схиртладзе А.Г.* Обработка глубоких отверстий в машиностроении: справочник. Издательство "Машиностроение". Справочник, 2010 – 344 с. Режим доступа: <https://reader.lanbook.com/book/742#73>.

[6]. *Операции* растачивания и восстановления отверстий. Режим доступа: <https://wikimetall.ru/metalloobrabotka/rastachivanie-otverstij.html>.

Талагаев Денис Андреевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: talagaewdeniska@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ СВЕРЛЕНИЯ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ НА ПРИМЕРЕ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ ТИПА «ПЛИТА»

Плита крепления является конструкционной деталью пресс-форм для литья под давлением и предназначены для монтажа и закрепления выталкивателей.

Плиты пресс-форм для литья под давлением изготавливаются из стали 45 ГОСТ 1050-2013. Для повышения стойкости плиты поверхность подвергают химико-термической обработке.

К глубоким отверстиям обычно относят отверстия, глубина которых превышает $5d$. Однако уже при $h > 3d$ в случае сверления отверстий спиральными сверлами наблюдаются трудности с подводом СОЖ в зону резания и удалением стружки из отверстия, что приводит к снижению стойкости инструмента.

Поэтому на практике применение инструментов для сверления глубоких отверстий обычно начинается с глубин, больших $3d$.

Основные трудности при сверлении глубоких отверстий заключаются:

- В сложных условиях подвода СОЖ в зону резания и отвода стружки;
- В уводе осей отверстий;
- В погрешностях размера и формы отверстий в радиальном и продольном сечениях.

Спиральными сверлами

При сверлении отверстий глубиной до $20d$ на универсальном оборудовании часто используют спиральные сверла удлиненной серии или с нормальной длиной режущей части и длинным хвостовиком, равным глубине отверстия.

В этом случае для освобождения сверла от стружки в процессе сверления применяется автоматический ввод-вывод инструмента из отверстия.

С целью уменьшения увода оси отверстий у таких сверл рекомендуется вышлифовывать на спинках четыре ленточки и увеличивать насколько возможно диаметр сердцевины

Некоторые фирмы выпускают такие сверла с увеличенным объемом канавок и большим углом их наклона к оси инструмента, достигающим до $\omega = 40^\circ$.

В отличие от стандартных спиральных сверл, они имеют большой угол наклона винтовых канавок $\omega = 60^\circ$, увеличенный диаметр сердцевины $d_0 = (0,30 \dots 0,35)d$ [2].

Сверла системы БТА и ружейные сверла

Самым эффективным способом, позволяющим свести до минимума увод и повысить точность отверстий, является способ базирования режущей части инструмента с опорой на обработанную поверхность.

Инструменты, работающие по такому принципу, называются инструментами одностороннего резания. К ним относятся пушечные и ружейные сверла, сверлильные головки БТА и эжекторные сверла.

Такое сверло представляет собой стержень большой длины, равной глубине обрабатываемого отверстия, срезанный в рабочей части примерно до половины диаметра и заточенный с торца с задним углом α .

Во избежание заедания сверла в отверстии передняя грань расположена выше оси инструмента на величину 0,2...0,5 мм. Сверло имеет одну главную режущую кромку, перпендикулярную к оси.

С другой стороны от оси сверла по торцу делают срез под углом 10° , отступив от оси на расстояние 0,5 мм.

Со стороны вспомогательной режущей кромки на наружной поверхности срезают лыску под углом 30° с оставлением цилиндрической ленточки шириной $f = 0,5$ мм. У пушечного сверла передний угол $\gamma = 0^\circ$, а задний $\alpha = 8...10^\circ$ [3].

В отличие от ружейных сверл, сверла и головки БТА имеют толстостенный стержень кольцевого сечения и работают с наружной подачей СОЖ между стенками стержня и обработанного отверстия и с внутренним отводом СОЖ и стружки через отверстия в головке и стержне.

Ижекторные сверла

Эжекторные сверла $d = 18...65$ мм чаще всего оснащают напайными твердосплавными пластинами, а $d = 65...185$ мм и более – механически закрепляемыми СМП. Максимальная глубина отверстий, полученных эжекторными сверлами, достигает 4000 мм.

Под действием атмосферного давления рабочий поток, пройдя через зону резания, вместе со стружкой всасывается в зону пониженного давления и уходит на слив. Благодаря такому устройству эжекторные сверла могут использоваться на универсальных станках.

При этом не требуются специальные маслоприемники, а подача и отвод СОЖ осуществляются с помощью специальных патронов 4, устанавливаемых в шпинделе сверлильного станка или задней бабке токарного станка [1].

Сверла для кольцевого сверления

При сплошном сверлении отверстий диаметром свыше 50 мм образуется большой объем стружки, требующий значительных затрат мощностей и инструментальных материалов. Усилия резания при этом резко возрастают.

Чтобы избежать этого, используют способ кольцевого сверления, заключающийся в прорезании кольцевой канавки в заготовке с оставлением нетронутой сердцевинки, которая в дальнейшем может быть использована в качестве заготовки деталей.

За счет снижения силовой нагрузки на сверло можно значительно увеличить подачу, а следовательно, и производительность процесса сверления.

Простейшая конструкция кольцевого сверла в виде пустотелой трубы, на торце которой закреплены режущие ножи ($z = 3...12$).

Над ножами прорезаны канавки для отвода сходящей стружки. Через отверстия в корпусе инструмента в зону резания под давлением подается СОЖ, которая удаляет стружку через зазор между сверлом и наружной стенкой кольцевой канавки, образуемой в заготовке.

Для облегчения транспортировки стружки предусмотрено ее деление по ширине за счет специальной заточки ножей. Для более устойчивого положения сверла в отверстии на корпусе головки крепятся направляющие планки из твердой пластмассы, например из полиамида.

Такие сверла применяются для сверления как неглубоких, так и глубоких отверстий. В последнем случае для уменьшения увода оси отверстия используется принцип одностороннего резания.

При сверлении неглубоких отверстий диаметром 60...110 мм, глубиной $2,5d$ применяют внутренний подвод СОЖ и наружный отвод стружки.[3]

Список литературы

[1] *Звонцов И.Ф., Серебrenицкий П.П.* Технологии сверления глубоких отверстий. Издательство: «Лань», 2022, 496 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/211217>.

[2] *Кузнецов А.В.* Особенности механической обработки глубоких отверстий // Традиционная и инновационная наука: история, современное состояние, перспективы, 2019, с. 48-52. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36720738>.

[3] *Кузнецов А.В.* Технология сверления глубоких отверстий // Компьютерная интеграция производства и ипи-технологий, 2017, с. 615-618. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30697464>.

Демкин Святослав Викторович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: gazgoldertati@icloud.com

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ШЛИФОВАНИЯ И ТОНКОГО ТОЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ ТИПА «СТУПИЦА»

Цель исследования - улучшение качества и снижение себестоимости изготовления детали типа «Ступица» в условиях среднесерийного производства путем внедрения в технологический процесс нового отделочного метода обработки.

Задача исследования - проанализировать отделочные методы обработки - тонкое точение и круглое шлифование на примере обработки детали типа «Ступица» в условиях среднесерийного производства и выяснить целесообразность применения того или иного метода обработки.

Деталь «Ступица» представляет собой тело вращения, с длиной много больше диаметра. Входит в группу деталей типа вал. Служебное назначение детали заключается в передаче крутящего момента от двигателя к колесу, а также для крепления колеса к деталям подвески. Такое назначение обуславливает требования к материалу и относительно невысокой точности обработки его поверхностей.

Деталь является телом вращения, имеет удобные технологические базы. Обработка всех поверхностей возможна с использованием стандартного инструмента и оснастки. Деталь имеет удобные базовые поверхности. Конструкторские базы совпадают с технологическими базами.

Таким образом, деталь является технологичной.

Анализ шлифования как метода обработки

Шлифование деталей - технологический процесс обработки заготовок, который следует после черновых операций и закалки, путем резания с помощью абразивных инструментов. Обработка осуществляется шлифовальным кругом, который своей зернистой структурой удаляет тонкий слой с поверхности детали. Такой результат обеспечивает высокую точность, гладкость и чистоту покрытия готовых изделий после шлифовки. Технология данной обработки позволяет достичь точности показателя до 1-2 мкм с учетом соблюдения термоконстантных условий в помещении. При общих параметрах - результат может составлять 10 мкм. Предел шероховатости колеблется в диапазоне 1-0,32 мкм.

Шлифование поверхностей деталей в сравнении с другими похожими по технологии операциями имеет следующие особенности, которые обеспечивают преимущество при выборе финишной обработки деталей, в частности:

- высокая скорость в ходе операции;
- сильное нагревание за счет процесса трения (1000°С);
- деформирование верхнего слоя обрабатываемой заготовки.

Чтобы не произошла сильная деформация поверхности, необходимо при шлифовке использовать смазочно-охлаждающую смесь, задача которой охладить обрабатываемые детали. Уникальность шлифовальной операции состоит в том, что ее технология позволяет проводить обработку материала с высокой твер-

достью (до 70 HRC) с использованием абразивного круга, твердость которого на порядок выше, чем этот показатель у заготовки [6].

Рассматриваемая деталь типа «Ступица» обрабатывается круглым шлифованием с продольной подачей в связи с конструктивными особенностями детали и возможностями применяемого оборудования.

Круглое наружное шлифование подходит для обработки цилиндрических и конических деталей, которые могут быть гладкими или ступенчатыми. Обрабатываемая заготовка ставится в центрах [4].

Достичь продольной подачи можно при помощи стола, делая возвратно-поступательное движение. Поперечная подача возможна по окончании каждого или двойного хода стола. Абразивный круг необходимо подбирать, исходя из типа и состояния материала обрабатываемой поверхности, а размеры – исходя из формы.

При продольной подаче припуск снимается за несколько проходов при минимальной глубине резания. При глубинной работе припуск снимается за один проход с глубиной резания до 0,4 мм максимум и продольной подачей до 6 мм/об.

Основной срез металла осуществляется передней частью круга. Остальной участок инструмента обеспечивает чистовую обработку. При снятии больших припусков часть круга заправляют ступеньками. Производительность при глубинном шлифовании выше метода с продольной подачей на 30%, однако точность работы при этом ниже. Глубинное шлифование подходит для обработки жестких деталей.

Самой важной характеристикой при выборе абразивного материала для шлифовки считается показатель зернистости. Нужно знать, что, чем меньше крупница, тем чище будет обработка. Следующим критерием является твердость. Этот показатель демонстрирует способность зерна сопротивлению внедрения более твердой связки. Твердость колеблется от мягких до твердых материалов [10].

Чтобы в процессе резания устранить образовавшуюся теплоту, снизить силу трения и удалить отходы, получившиеся от шлифовки, используют охлаждение разными смазочно-охлаждающими жидкостями. Использование в производстве смазочно-охлаждающей жидкости обеспечивает длительную эксплуатацию абразивных кругов и механизированных шлифовальных машин, снижение шероховатости обрабатываемой поверхности и повышение производительности.

Таким образом, отделочный метод обработки деталей – шлифование, является универсальным, не требует дополнительных затрат на инструмент и оснащение, обеспечивает точность и чистоту обработки.

Анализ тонкого точения как метода обработки

Тонкое (алмазное) точение применяется для отделки деталей из цветных металлов и сплавов (бронза, латунь, алюминиевые сплавы и другие) и отчасти - для деталей из чугуна и закаленных сталей. Объясняется это тем, что шлифование цветных металлов и сплавов значительно труднее, чем стали и чугуна, вследствие быстрого засаливания кругов. Кроме того, имеются некоторые детали, шлифование которых не допускается из-за возможного шаржирования поверхности. Тонкое точение обеспечивает получение наружных цилиндрических поверхностей

вращения правильной геометрической формы с точным пространственным расположением осей и является высокопроизводительным методом. Тонким точением обрабатывают наружные и внутренние поверхности с точностью 5-9 квалитет и шероховатостью $Ra=0,63-0,16$ мкм. Сущность алмазного точения состоит в срезании небольшого слоя металла с очень малой подачей и большой скоростью резания.

Резцы для алмазного точения оснащаются пластинками твердого сплава марок ВК2 или БК3М для обработки чугуна и Т30К4 для сталей. Для цветных металлов и пластмасс применяют алмазные резцы. У алмазного резца токарного станка угол заострения составляет обычно 80 градусов. После заточки резцы обязательно доводятся. Главная режущая кромка должна быть острой, без фаски. Завалы или незначительные зазубрины на ней недопустимы [9].

При всей их высочайшей твердости, алмазные резцы - инструмент хрупкий, особенно неустойчивый при боковых нагрузках (возможно выкрашивание режущей кромки). Поэтому при использовании их в токарной обработке нужно соблюдать скоростной режим точения.

Обычно алмазным резцом весь припуск снимается за один проход. Если же предварительная обработка заготовки не слишком точна, допустимо делать два прохода, но при первом снимается не менее 2/3 припуска, а второй используется уже до окончательной доводки до требуемых параметров.

Алмазный инструмент не годится для обычных токарных станков -подача за счет зубчатой передачи не может обеспечить необходимую точность, и из-за вибрации теряются все преимущества именно таких резцов. Алмазы применяются на специальном оборудовании для тонкой расточки: вертикальных одно- и многошпиндельных станках, станках. На станках с зубчатой подачей лучше использовать обычные твердосплавные резцы [2].

Сравнительный анализ шлифования и тонкого точения

При сравнении этих двух методов можно сделать следующие выводы:

- и шлифование, и тонкое точение позволяют обеспечить высокую точность обработки, но есть принципиальное отличие, точение – более универсальный процесс, в то время как шлифование некоторых материалов вызывают проблемы (цветные металлы);
- качество поверхности, получаемое тонким точением, уступает поверхности, полученной шлифованием, что обуславливает дополнительные затраты на отделочную обработку;
- процесс шлифования наиболее трудоемкий за счет особенностей станка, инструмента и режимов резания, что непосредственно влияет на ритмичность выпуска готовых деталей;
- стоимость инструмента и оснастки для тонкого точения значительно дороже, стойкость ниже, по сравнению с универсальными шлифовальными кругами, обладающие свойством самозатачивания;
- явным преимуществом шлифовального процесса считается создание качественного внешнего вида, как правило, после точения поверхность деталей имеет неровности, царапины, раковины и рытвины, а также

выглядит грязной, произведя шлифовку, заготовка получает исключительно чистую и отполированную поверхность;

- часто прибегают к методу шлифования, если необходимо обеспечить высокоточные показатели прилегания деталей без потери системной точности и жесткости.

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее целесообразным является применение шлифования в качестве отделочного метода обработки детали типа «Ступица» в условиях среднесерийного производства с точки зрения оптимизации затрат, качества и времени.

Список литературы

- [1]. *Белецкий Д.Г.* Тонкое точение. М.: Оборонгиз. 2015, с. 244.
- [2]. *Бруштейн Б.Е.* Токарное дело. Учебник для проф. техн. училищ. М.: «Высш. школа», 2017, с. 448. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/212438>
- [3]. *Гузев В.И., Батуев В.А., Сурков И.В.* Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением. М.: Машиностроение, 2007.
- [4]. *Гуртяков А.М.* Металлорежущие станки: учебное пособие для прикладного бакалавриата. М: Издательство Юрайт, 2019, с. 135. Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/metallorazhuschie-stanki-433950>.
- [5]. *Илларионов А.В.* Повышение эффективности токарной обработки металлорежущих систем за счет обоснования выбора конструкторско-технологических параметров обработки // Автореферат диссертации. 2016, с. 16. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30170572>.
- [6]. *Косилова А.Г. Мещеряков Р.К.* Справочник технолога-машиностроителя. М.: Машиностроение, 1985.
- [7]. *Мальшев Е.Н., Мальшев А.Н.* Повышение эффективности использования обрабатывающего оборудования путем расширенной реализации его технологических возможностей // Инженерный вестник, 2012. № 8, с. 3.
- [8]. *Фещенко В.Н., Махмутов Р.Х.* Токарная обработка: Учебник. Издательство «Инфра-Инженерия», 2018. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/108645>.
- [9]. *Хертель Н.* Твердый сплав - стойкость к износу и коррозии // Черные металлы. Издательство: Издательский дом «Руда» (Москва), 2012, с. 50-51. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21332253>.
- [10]. *Черепяхин А.А., Клепиков В.В.* Технологические процессы в машиностроении. Издательство: Издательство Юрайт, 2022. Режим доступа: <https://urait.ru/viewer/tehnologicheskie-processy-v-mashinostroenii-491054>.

Матвеев Даниил Игоревич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: matveevdi1@student.bmstu.ru

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ МАЛОГО ДИАМЕТРА

В машиностроении встречается много разнообразных по конструкции, по форме, по точности и чистоте обработки, по виду материала и их физико-химическим характеристикам изделий имеющих большой диапазон диаметров и длин с глубокими отверстиями, методы получения которых так же разнообразны.[4]

При получении глубоких отверстий малого диаметра можно столкнуться с большим рядом трудностей и проблем:

- Удаление стружки из зоны резания и контроль её формы.
- Подача СОЖ в необходимом количестве и под требуемым давлением в зону резания.
- При обработке глубоких отверстий возникают дефекты и погрешности формы обрабатываемой поверхности.
- При увеличении длины сверла, а так же уменьшения его диаметра, его жёсткость серьёзно уменьшается.

Говоря о теме методов получения глубоких отверстий можно выделить несколько основных: сверление, электрохимическое прошивание, электрофизическое прошивание, лазерная прошивка.[4]

Ниже описаны основные методы и их достоинства и недостатки.

Сверление на металлорежущих станках

Данный метод можно отнести как к наиболее рациональному в плане стоимости обработки и оборудования и как к наиболее разнообразному в связи с разнообразием конструкции и видов инструмента.[1]

Для борьбы с вышеперечисленными трудностями и проблемами в сверлении применяются различные способы, такие как: применение малых подач; применение предварительного засверливания (центровка); сверление с направлением инструмента с помощью кондукторной втулки; сверление вращающейся заготовки при вращающемся или не вращающемся инструменте (наиболее лучший вариант, за счёт самоцентрирования); способ применения специальных свёрл.[3]

Существует много различных инструментов для глубокого сверления, наиболее распространённые из них: сверло спиральное; шнековое сверло; пушечное сверло; ружейное сверло.

Достоинства метода: Низкая стоимость оборудования; Простота наладки; Надёжность и безопасность; Скорость и качество обработки высокие; Достигается максимальная точность;

Электроэрозионное прошивание

ЭЭО – обработка основана на эффекте расплавления и испарения микро порций металла под тепловым воздействием импульсов электрической энергии.

Метод предоставляет возможность получения отверстий малого диаметра различной формы и конфигурации. При применении метода в основном необхо-

димо обеспечить постоянство поддержания процесса обработки, а так же его интенсификации при вводе инструмент-электрода в обрабатываемое отверстие, когда условия вывода продуктов обработки из зоны обработки затруднены. Оборудование должно удовлетворять жёстким требованиям. При обработке появляется различного вида брак с различной причиной появления. Полученное отверстие может быть больше номинального размера, что вызвано неправильностью выбора инструмента, электрическим режимом или толщиной детали.[5]

Достоинства метода: Инструмент легкообрабатываемый; Незначительные усилия в результате обработки; Производительность не зависит от материала; Широкие технологические возможности; Процесс легко механизировать и автоматизировать.

Недостатки метода: Большие энергетические затраты; Невозможность обработки диэлектрических материалов; Требуются большие затраты времени.

Электрохимическое прошивание

ЭХО – основана на принципе локального растворения обрабатываемой детали в проточном и непроточном электролите.

Эффективность применения метода напрямую зависит от величины обрабатываемой поверхности, что полностью обратно механической обработке которая не зависит от величины обрабатываемой поверхности а только от режимов резания.

В связи со сложностью процесса и низкой производительностью, в сравнении с механической обработкой, станки и технологические установки узкоспециализированы и подобраны по определённый технологический процесс.[2]

Но ЭХО позволяет получать формы и конфигурации деталей, которую невозможно осуществить другими известными способами.[5]

Достоинства метода: Износ инструмента отсутствует; Возможность изготовления сложных полостей или форм; Высокое качество обработанной поверхности; Скорость обработки выше в 5-10 раз чем ЭЭО; Возможность обработки любых токопроводящих материалов.

Недостатки метода: Громоздкое оборудование; Трудоёмкость изготовления инструмента; Низкая точность обработки; Невозможность получения острых углов изделия; Плохая обрабатываемость материала с неоднородной структурой.

Лазерное прошивание

Прошивка производится одним или множеством импульсов лазера, при этом необходимо обеспечить высокую плотность мощности. Основные показатели производительности на прямую зависят от применяемого оборудования и физико-химических свойств обрабатываемого материала. Процесс лазерного сверления сопровождается характерными дефектами.[6]

Процесс лазерного сверления сопровождается характерными дефектами. Основной проблемой лазерного прошивания является появление конусности и других искажений формы с которые достаточно сложно устранить.[6]

Достоинства метода: Механическое воздействие на деталь отсутствует; Увеличение производительности; Высокий уровень точности; Возможность обработки труднообрабатываемых материалов.

Недостатки метода: Невозможно эффективно обрабатывать толстостенные заготовки; Скорость работы зависит от параметров обрабатываемого материала; Высокая стоимость оборудования.

Наиболее рационально и целесообразно применять метод сверления при обработке традиционных конструкторских сталей в машиностроении, в частности в среднесерийном производстве. Так как данный метод обеспечивает необходимую точность и качество обработки, и обладает наименьшей стоимостью из перечисленных. Методы электрохимического, электроэрозионного и лазерного прошивания целесообразней применять при повышенных требованиях качества и точности обработки, при необходимости обеспечения трудной формы и конфигурации отверстия, а так же при обработке труднообрабатываемых и жаропрочных материалов.

Список литературы

[1]. Должиков, В. П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве – Санкт-Петербург : Лань, 2022.

[2]. Елисеев, Ю. С. Электроэрозионная обработка изделий авиационно-космической техники – Москва : МГТУ им. Баумана, 2010.

[3]. Афанасенков, М. А. Технологическое оборудование машиностроительных производств. Металлорежущие станки – Санкт-Петербург : Лань, 2021.

[4]. Звонцов, И. Ф. Технологии сверления глубоких отверстий – Санкт-Петербург: Лань, 2022.

[5]. Мирзоев, Р. А. Анодные процессы электрохимической и химической обработки металлов – Санкт-Петербург: Лань, 2022.

[6]. Звонцов, И. Ф. Разработка технологических процессов изготовления деталей общего и специального машиностроения – Санкт-Петербург: Лань, 2022.

Романов Андрей Валерьевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: andryusha-romanov-2001@mail.ru

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ НАРУЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТИПА «ПАЗ»

Обработка наружных поверхностей типа паз включает в себя: строгание, фрезерование, протягивание, шлифование и др.

В данной работе представлены основные методы обработки наружной поверхности типа «Паз» и их сущность, а также приводится сравнительный анализ этих методов.

Строгание - один из методов механической обработки металлов и неметаллов, который осуществляется путем возвратно-поступательного движения инструмента.

Существует два вида строгания:

- Резец движется на неподвижную заготовку
- Заготовка движется на неподвижный резец

Строгание можно произвести на поперечно-строгальных и продольно-строгальных станках. Строгание применяется в мелкосерийном и единичном производствах благодаря тому, что для работы на строгальных станках требуются менее сложные приспособления и инструменты. Строгание менее производительный метод обработки по сравнению с фрезерованием [1].

Фрезерование - процесс механической обработки с использованием вращающихся фрез для удаления материала путем продвижения фрезы в заготовку.

Фрезерование является распространенным видом механической обработки. Фрезерованием в большинстве случаев обрабатываются плоские или фасонные поверхности. Фрезерование ведется многолезвийными инструментами – фрезами. Фреза представляет собой тело вращения, у которого режущие зубья расположены на цилиндрической или на торцовой поверхности. Процесс фрезерования отличается от других процессов резания тем, что каждый зуб фрезы за один ее оборот находится в работе относительно малый промежуток времени.

Протягивание - вид обработки многолезвийным инструментом с поступательным главным движением резания, распространяемой на всю обрабатываемую поверхность без движения подачи.

Протягиванием называется обработка поверхностей инструментами – протяжками, снабженными зубьями, расположенными перпендикулярно оси инструмента. Каждый из зубьев снимает определенный слой металла, так как высота зубьев различна. Снятие металла с поверхности при обработке отверстий происходит при перемещении протяжки по направлению оси обрабатываемой заготовки [1].

Протягивание применяется как окончательный вид обработки заготовок, обеспечивающий высокую точность размеров и качество обработанных поверхностей. Метод высокопроизводительный, поскольку полная обработка изделия производится за один ход инструмента.

Шлифование - механическая или ручная операция по обработке материала: разновидность абразивной обработки, которая, в свою очередь, является разновидностью резания.

Благодаря значительной производительности плоское шлифование применяют вместо чистового строгания и фрезерования, а также вместо такой трудоемкой операции, как шабрение.

Таблица 1 [2]

Параметры шероховатости и качества точности, достигаемые при лезвийной обработке плоских поверхностей

Метод обработки	Ra, мкм	Квалитет IT
Фрезерование концевой фрезой		
Черновое	25-6,3	14-12
Чистовое	6,3-1,6	11-9
Строгание		
Черновое	25-12,5	14-12
Чистовое	6,3-3,2	13-11
Тонкое	1,6-0,80	10-7
Протягивание		
Черновое литых и штампованных деталей	6,3-3,2	11-10
Получистовое	6,3-2,5	9-8
Чистовое	3,2-0,80	8-7
Отделочное	0,40-0,20	8-7

Для выбора метода обработки наружных поверхностей типа «Паз» следует обращать внимание на конструкцию самой детали, требуемую степень точности, время обработки и тип производства.

Для детали типа «Полумуфта» со среднесерийным типом производства будет целесообразно применить метод фрезерования с последующим шлифованием, так как он является более дешевым по сравнению с другими методами. Метод фрезерования с последующим шлифованием не является новым в машиностроении, то есть имеет сильную практическую базу.

Методы протягивания и прошивки применяются исключительно в массовом типе производства из-за дороговизны инструмента.

Метод строгания является невыгодным в серийном типе производства, так как за счет работы инструмента в одном направлении добавляются холостые ходы, что увеличивают основное время обработки, а, следовательно, понижают производительность.

Список литературы:

[1]. *Зубарев Ю.М.* Основы резания материалов и режущий инструмент: учебник / Ю. М. Зубарев, Р. Н. Битюков. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 228 с. – ISBN 978-5-8114-4012-2. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная

система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/207107> (дата обращения: 24.11.2022). С. 163, 185-193, 201-209.

[2]. *Справочник* технолога-машиностроителя: в 2 т. – Т. 1/ под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерикова. – 4-е изд. – М.: Машиностроение, 1986.

Мыханова Диана Шаяхметовна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: dianamykhanova@yandex.ru

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ НАРУЖНЫХ ШПОНОЧНЫХ ПАЗОВ

Шпоночными называют разъемные соединения, которые образуют вал, шпонка и ступица колеса (шкива, звездочки и др.). Шпонка представляет собой стальной брус, устанавливаемый в пазы вала и ступицы, служащая для передачи крутящего момента.

Шпоночные соединения широко применяются во всех отраслях машиностроения, поскольку обладают рядом достоинств, основными из которых являются:

- простота конструкции;
- сравнительная легкость сборки и разборки;
- низкая стоимость.

В зависимости от формы шпонки можно разделить на призматические, сегментные, клиновые и тангенсальные. В современном машиностроении наибольшее применение находят призматические и сегментные шпонки. Различают следующие виды пазов для призматических шпонок: глухие, закрытые с одной стороны и сквозные.

К технологическим задачам при обработке шпоночных пазов относятся требования по точности ширины паза (в большинстве случаев IT9), глубины паза и его длины (IT11...IT12), а также симметричности его расположения относительно оси. Установка заготовок обычно производится на призме или в центрах [1].

Шпоночные пазы изготавливаются различными методами в зависимости от конфигурации паза, вала и применяемого инструмента, основные из которых рассмотрены ниже.

Фрезерование

В зависимости от конструкции паза – сквозной, закрытый с одной стороны и глухой, для обработки пазов предусмотрены дисковые, шпоночные и концевые фрезы.

Сквозные и полуоткрытые шпоночные пазы с радиусным выходом получают фрезерованием дисковыми фрезами на горизонтально – фрезерных станках. Обработку производят за один рабочий ход. Размер паза по ширине варьируется в пределах 11 квалитета. Для повышения точности фрезерование происходит в 2-3 рабочих хода за одну или две операции или осуществляют предварительное фрезерование с оставлением припуска под последующую слесарную обработку [2]. Полуоткрытые пазы, не допускающие радиусного выхода, получают концевыми фрезами аналогично дисковым.

Фрезерование дисковой фрезой обладает высокой производительностью и обеспечивает достаточную точность ширины паза, но инструмент рекомендуется применять для малых глубин паза

Обработку глухих шпоночных пазов производят шпоночными фрезами с двумя режущими зубьями. Особенностью инструмента является наличие торцовых режущих кромок, которые позволяют ему врезаться в вертикальном на-

правлении. Фрезе сообщается осевая подача, за счёт которой происходит врезание. Далее включается продольная подача, с которой шпоночный паз обрабатывается на полную длину. Данный метод требует применения мощных станков, прочного крепления фрезы и обильного охлаждения. Вследствие того, что фреза работает в основном периферийной частью, по мере увеличения числа переточек точность обработки по ширине паза уменьшается.

Для получения пазов повышенной точности применяют шпоночно-фрезерные станки с «маятниковой подачей». Сущность обработки заключается в следующем: инструмент врезается на глубину 0,1–0,3 мм, затем фреза движется в продольном направлении, врезается на ту же глубину и фрезерует паз на всю длину, но в обратном направлении. За счёт малой глубины снижаются усилия при резании, что позволяет получить точность по ширине паза по 8-9 качеству.

При обработке паза шпоночной фрезой обеспечивается взаимозаменяемость в шпоночном соединении, что является его достоинством. Более того, инструмент работает лобовой частью, это увеличивает его долговечность, так как изнашивается лобовая, а не периферийная часть фрезы. Но получение точных размеров методом маятниковой подачи значительно увеличивает время обработки, следовательно, снижается производительность.

Строгание

В большинстве случаев строгание шпоночных пазов осуществляют верхними или боковыми суппортами совместно с горизонтальными или вертикальными плоскостями, являющимися основными поверхностями для установки детали [3].

Обработку начинают с установки верхних суппортов в нулевое положение. Режущая кромка резца устанавливается параллельно основанию паза, а его вспомогательные режущие кромки расположены под одинаковым углом к боковым поверхностям, равным $1 - 2^\circ$. Обработка производится за один проход резцами шириной до 15 мм. Точность паза по ширине достигает 12 – 11 качества. При повышенных требованиях к точности размеров (IT9) резание происходит в следующей последовательности:

- строгание прорезными резцами с припуском под чистовую обработку;
- строгание подрезными резцами, установленными так, чтобы режущая кромка была перпендикулярна к горизонтальной плоскости.

За глубину резания при строгании прорезным резцом принимают ширину режущей кромки [2].

При получении закрытых и полуоткрытых пазов прорезными резцами в конце шпоночного паза предварительно сверлят отверстие диаметром, равным ширине паза [4].

Метод не требует применения сложной оснастки и приспособлений, но обработка закрытых и полуоткрытых пазов строганием является непроизводительной.

Вывод

Рассмотренные методы имеют свои достоинства и недостатки. Фрезерование шпоночной фрезой является наиболее рациональным методом в серийном и массовом производстве, так как точность изготовления паза обеспечивает взаимоза-

няемость в шпоночном соединении, но обладает низкой производительностью. Обработка дисковыми фрезами наиболее производительна и обеспечивает достаточную точность ширины паза, но ее применение ограничивается конфигурацией пазов. Стругание будет наиболее целесообразным методом в случае получения длинных сквозных шпоночных пазов. Поэтому выбрать подходящий метод следует, опираясь на конфигурацию обрабатываемого элемента, технических требования и тип производства.

Список литературы

- [1] *Бобро В.Ф.* Основы теории резания металлов / В.Ф. Бобров. -- М.: Машиностроение, 1975. 344с
- [2] *Гапонкин В.А.* Обработка резанием, металлорежущий инструмент и станки./ В.А. Гапонкин, Л.К. Лукашев, Т.Г. Суворова. М.: Машиностроение, 1990. - 448 с.: ил.
- [3] *Копылов Р.Б.* Работа на фрезерных станках / Р.Б. Копылов - Л.: Лениздат, 1971. _ 416с.
- [4] *Основы технологии машиностроительного производства: Учебник / В.А. Тимирязев, В.П. Вороненко, А.Г. Схиртладзе / Под ред. В.А. Тимирязева. – СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 222 с.*

Евдокимов Денис Сергеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: evdokimovds1@student.bmstu.ru

ВЫБОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «ПЛИТА ВЕРХНЯЯ»

Технический уровень режущих инструментов определяет производительность обработки, себестоимость, точность размеров, качество поверхностного слоя и надежность работы. Одним из основных факторов, определяющих технический уровень режущих инструментов, является их материал - инструментальный материал. [6]

Углеродистые и легированные инструментальные стали

Наиболее широкое применение для операций резания получили углеродистые стали марок У10А, У11А и У12А с температурой теплостойкости до 220°C и легированные инструментальные стали марок 9ХС, 9Г2Ф, ХВ5, ХВГ и ХВСГ с температурой теплостойкости до 250°C. Углеродистые и легированные стали используются для изготовления режущего инструмента, работающего при низких скоростях резания (до 15 м/мин): метчиков и плашек для нарезания резьбы, небольших сверл и разверток. Легированные инструментальные стали имеют несколько более высокую теплостойкость, твердость и прокаливаемость, чем углеродистые инструментальные стали, и меньше деформируются при закалке. [2]

Быстрорежущие стали

Быстрорежущие стали - это высоколегированные стали с высоким содержанием углерода и добавками вольфрама, хрома, молибдена, кобальта и ванадия. Леггирующие элементы влияют на свойства быстрорежущей стали путем образования карбидов, которые изменяют такие свойства, как: твердость, жаропрочность, износостойкость, прочность, прокаливаемость, микроструктуру, теплопроводность, вязкость и др. [2]

Твердые сплавы

Твердые сплавы - это композиционные материалы на основе тугоплавких карбидов высокой твердости, таких как вольфрам, титан, тантал и ниобий, изготовленные по технологии порошковой металлургии и соединенные металлической связкой. Инструменты из твердых сплавов имеют высокую твердость (86...94 HRA) и теплостойкость (до 800...1000°C), а также демонстрируют высокую износостойкость при гораздо более высоких скоростях, чем скорости резания быстрорежущей стали. С другой стороны, твердые сплавы имеют меньшую прочность на изгиб и ударную вязкость, чем сталь. ГОСТ 3882-74 устанавливает 18 марок однокарбидных, 4 марки двухкарбидных и 5 марок трехкарбидных твердых сплавов в зависимости от состава, физико-механических свойств и назначения. [7]

Режущая керамика

Основной особенностью режущей керамики является отсутствие связующей фазы, что, как предполагается, позволяет значительно повысить скорость резания (до 2,5 раз) по сравнению с инструментами из твердых сплавов за счет незначительного размягчения при нагреве. В то же время отсутствие связующей фазы приводит к низкой трещиностойкости, прочности и стойкости к циклическим термическим нагрузкам, поэтому основной областью применения режущей керамики

является чистовая обработка в условиях жестких технологических систем. Использование керамических инструментов на операциях обработки с большими сечениями резания, прерывистым резанием и применением СОЖ значительно снижает эффективность их применения из-за высокой вероятности внезапного разрушения хрупкой режущей части инструмента. [4]

Сверхтвердые инструментальные материалы (СТМ)

Инструментальные материалы с твердостью по Виккерсу более 35 ГПа при комнатной температуре обычно называют сверхтвердыми. Инструментальные материалы на основе алмаза и кубического нитрида бора относятся к этой категории и имеют ресурс в 50...200 раз больше, чем твердые сплавы. Алмазные инструменты наиболее эффективны для чистовых операций при обработке деталей из цветных металлов и их сплавов, неметаллов и композиционных материалов. Такие недостатки алмаза, как низкая теплостойкость и диффузионное растворение в железе при высоких температурах, не позволяют использовать алмазный инструмент для обработки сталей и сплавов, способных образовывать карбиды. В то же время алмазные инструменты подходят для высоких скоростей резания из-за очень высокой теплопроводности, что приводит к интенсивному охлаждению режущей кромки. [3]

Выбор инструментального материала

В современном машиностроении при выборе инструментального материала все большее предпочтение отдается цементированному карбиду. Однако не все инструменты должны быть изготовлены из одного и того же материала. Выбор инструментального материала зависит от типа, свойств, условий обработки и обрабатываемого материала. Поэтому выбор должен основываться на общих правилах обработки, включая рекомендуемые марки инструментального материала. [1]

Выбор инструментального материала для обработки детали «Плита верхняя»

Материал обрабатываемой заготовки - сталь 45. Эта деталь имеет множество поверхностей разного размера, качества и точности. Поэтому процесс обработки требует фрезерования, сверления, зенкерования, растачивания, нарезания резьбы и других операций. На основе исходных данных и информации о рекомендуемых инструментальных материалах можно провести сравнительный анализ марок материалов, чтобы сделать правильный выбор.

Среди всех инструментальных материалов преобладают твердые сплавы, быстрорежущие стали встречаются реже, а легированные стали являются наименее многочисленными среди инструментальных материалов. Для выбора инструментальных материалов использовались общемашиностроительные нормативы и рассматривались их физико-механические и химические свойства и области применения. Рекомендуемый инструментальный материал для чернового фрезерования – твердый сплав Т5К10; для сверления и рассверливания – твердый сплав Т5К12; для чистового зенкерования – твердый сплав Т15К6; для чистового растачивания – твердый сплав Т30К4; для нарезания резьбы – быстрорежущая сталь Р18; для развертывания – легированная сталь ХВГ.

Заключение

За последние несколько десятилетий применение инструментальных материалов для различных видов режущего инструмента, потребляемых в металлообрабатывающих отраслях технологически развитых стран, существенно изменилось. Углеродистые и легированные инструментальные стали практически не используются в режущем инструменте. Применение быстрорежущих сталей резко снизилось с 65...70 % до 35...40 %, твердых сплавов - с 30 % до 55 %, а применение режущей керамики и сверхтвердых инструментов увеличилось с 1 % до 10 %.

[5]

Список литературы

[1]. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть I. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, строгальные, долбежные и фрезерные станки. Изд. 2-е, М., «Машиностроение», 1974, 406 с.

[2]. *Верещака А.С., Кушнер В.С.* Резание материалов: М.: Высшая школа, 2009. 535 с.

[3]. *Маслов А.Р.* Инструментальные системы машиностроительных производств: М.: Машиностроение, 2006. 336 с.

[4]. *Андреев В.Н., Боровский Г.В., Боровский В.Г., Григорьев С.Н.* Инструмент для высокопроизводительного и экологически чистого резания – М.: Машиностроение, 2010. 480 с.

[5]. *Борисов А.А., Боровский Г.В., Вычеров В.А.* Производство и эксплуатация современного режущего инструмента – М.: Издательство "ИТО", 2011. 104 с.

[6]. *Гречишников В.А., Кирсанов С.В.* Справочник конструктора-инструментальщика. 2-е изд – М.: Машиностроение, 2006. 542 с.

[7]. *Таратынов О.В., Босинзон М.А., Черпаков Б.И.* Металлорежущие системы машиностроительных производств – М.: МГИУ, 2006. 488 с.

Сложеникин Никита Алексеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: slozhenikinna@student.bmstu.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ НЕЖЕСТКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Нежесткие валы на сегодняшний день нашли широкое применение в различных областях машиностроения. К деталям данного типа относят ходовые винты и ходовые валы металлорежущих станков, оси, штоки, специальные длинномерные сверла, борштанги, протяжки и другие аналогичные детали.

Общей характеристикой таких деталей является значительное превышение их продольных размеров относительно размеров поперечного сечения. Валы считаются нежесткими при отношении длины заготовки к её диаметру более $10 \div 12$. [1]

Одной из важнейших технологических задач при обработке таких валов является обеспечение их геометрической точности. Низкая жесткость является сдерживающим фактором при назначении режимов резания, что снижает производительность обработки. По этой же причине уменьшается допустимая величина износа контактных поверхностей инструментов. [3]

В виду малой жесткости обрабатываемого нежесткого вала технологическая система станок-приспособление-инструмент-заготовка оказывается крайне податливой к действию внешних поперечных сил и динамических факторов, сопутствующих процессу резания.

В связи с этим обработка таких деталей связана со значительными трудностями, обусловливаемыми деформацией обрабатываемой детали под действием усилия резания, а также возникновением вибрации детали в процессе обработки, которые на практике вынуждают существенно снижать режим резания, прибегать к многопроходной обработке, приводят к снижению стойкости и долговечности режущего инструмента. Возникновение вибрации крайне нежелательно на конечных чистовых этапах обработки, когда резание происходит на малых глубинах, и нарушение безвибрационного движения детали и резца в зоне резания может привести к браку детали. [2]

Проблема возникновения вибраций актуальна при металлообработке на станках в ЧПУ, так как вибрации в зоне резания могут приводить к ускоренному износу оборудования станка.

Одно из традиционных направлений обеспечения требуемой точности обработки предполагает многопроходную обработку с постепенным уменьшением глубины резания.

Достижение требуемой точности размеров и формы детали обеспечивается за счет снижения сил резания, и уменьшения упругих деформаций элементов технологической системы. Недостатком данного метода является то, что чем более высокую точность требуется обеспечить, тем большее количество проходов и оборудования для этого необходимо задействовать. [3]

При обработке нежестких валов существенно возрастает значение правильности выбора режимов резания в связи с высокой податливостью заготовки и

склонностью к возникновению вибраций в процессе обработки. Так, для обеспечения устойчивости процесса резания рекомендуется смещать диапазон режимов обработки в сторону снижения подачи (для силовой стабилизации процесса) или скорости резания (для снижения вибраций (рис.1).

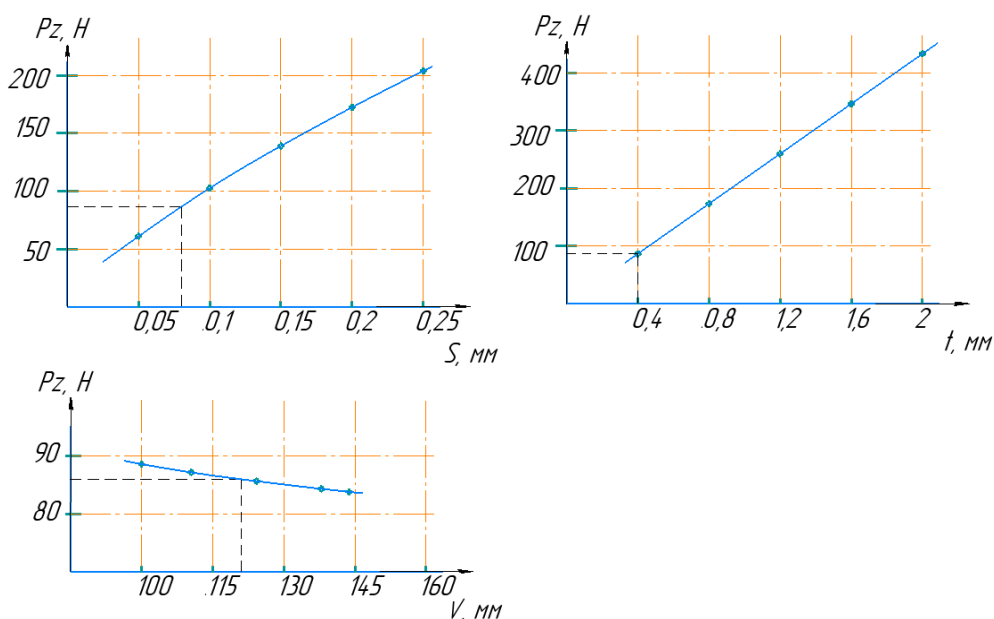


Рис. 1. Графики, показывающие влияние режимов резания при точении

Варьированием режимов обработки получается добиться большей стабильности обработки и повышения её точности, но при этом происходит значительная потеря производительности. Также, обработка на заниженных режимах при обработке нежестких валов высокой точности имеет ограниченное применение из-за необходимости чрезмерного снижения режимов, в том числе и за пределы зоны наростообразования. [4]

В виду того, что при токарной обработке нежестких валов наибольшей податливостью в технологической системе обладает заготовка, возникает необходимость создавать условия для повышения её жесткости. С этой целью в систему вводят дополнительные опоры в виде неподвижных или подвижных люнетов различной конструкции, увеличивающих её жесткость.

На практике применяют подвижные и неподвижные люнеты. Однако несмотря на свою эффективность в плане увеличения жесткости системы, данный технологический прием требует индивидуального подхода при обработке каждой детали и значительно повышает трудоемкость её изготовления. В местах установки люнетов требуется предварительная обработка поверхности, затем производится выверка положения детали в горизонтальной и вертикальной плоскостях с биением не более $0,03 \div 0,05$ мм в зависимости от требуемой точности. Необходимость подготовки установочных поверхностей обусловлена тем, что погрешности установки люнетов копируются на детали при их обработке. Процесс выверки положения заготовки значительно усложняется при установке двух и более люнетов. [3]

Таким образом, применение люнетов, несмотря на их достоинства, малоэффективно, так как не отвечает требованиям автоматизации.

Другим способом обеспечения требуемой точности механической обработки нежестких деталей является обработка с применением самоцентрирующих суппортов с двумя резцами, многоинструментальной головки и блоком резцов, однако данный метод требует значительных затрат времени на настройку сложных в изготовлении суппортов. [4]

Эффективным методом обеспечения заданной точности обработки является комбинированная обработка, совмещающая процесс резания с поверхностным пластическим деформированием. Накатник может быть установлен как перед зоной резания для создания благоприятных условий для обработки, так и после зоны обработки, за счет чего повышается твердость поверхностного слоя обработанной поверхности, формируются более равномерные напряжения в детали, повышается точность размеров в поперечном сечении и снижается шероховатость обработанной поверхности. За счет применения данного метода обработки можно обеспечить получение точности обработки длинномерных валов по 7÷8 качеству точности и шероховатости в пределах $Ra\ 0,08\div 0,16\ \mu\text{м}$, а также добиться существенного снижения коробления деталей. Кроме того, накатник в процессе обработки также выполняет роль дополнительной опоры, что частично повышает жесткость технологической системы и точность продольного профиля обработанной детали. К недостаткам метода относятся: сложность в согласовании режимов обработки резанием и процесса упрочнения; сложность настройки накатников на требуемое усилие и необходимость его поддержания на постоянном уровне при изменении размера детали, происходящем в результате износа режущего инструмента. [1]

Таким образом, наиболее эффективным методам решения данной проблемы относятся: многопроходная обработка и обработка на заниженных режимах, применение люнетов, комбинированные методы, применение систем автоматического управления.

Для обеспечения точности при токарной обработке нежесткого вала оптимальным методом является многопроходная обработка с скорректированными режимами. Использование люнета требует значительного увеличения трудоемкости и индивидуального подхода к обработке каждой единицы продукции. Использование комбинированных методов требует значительных затрат на оборудование, при этом существует сложность в согласовании режимов обработки резанием и процесса упрочнения.

Список литературы

[1]. *Беляев Г.С., Табачников П.И.* Технология производства валов// М.: Машгиз, 2018. - 251с.

[2]. *Брюханов В.Н.* Автоматизация производства: учебник // В.Н. Брюханов, А.Г. Схиртладзе, В.П. Вороненко / под ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Высш. шк., 2015. – 367 с.

[3]. *Куклев Л.С, Тазетдинов М.М.* Оснастка для обработки нежестких деталей высокой точности// М.:Машиностроение, 1978.-104 с.

[4]. *Технология* машиностроения (специальная часть): учебник для машиностроительных специальностей вузов / А. А. Гусев, Е. Р. Ковальчук, И. М. Колесов и др. М.: Машиностроение, 1986. С. 155-170.

Синяев Кирилл Алексеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: sinyaevka@student.bmstu.ru

ВЫБОР ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ДЕТАЛИ ТИПА «ФЛАНЕЦ»

Задачей настоящего исследования является выбор наиболее оптимального метода получения заготовки для детали типа «Фланец». Получить заготовку, изготовленную из стали 45, можно литьем или использовать метод пластического деформирования. Наиболее предпочтительным, с точки зрения обеспечения качества получаемой заготовки, является второй вариант. Также производительность пластического деформирования по сравнению с литьем значительно выше. Преимущества данного метода заключаются в уменьшенном отходе металла. ОМД отличается повышенной производительностью труда. В процессе изготовления изменяется не только форма, но и физико-механические свойства металла.

Различают следующие методы обработки металлов давлением:

- для получения заготовок постоянного поперечного сечения по длине. К разновидностям этого типа относятся: волочение, прокатка, прессование;
- для получения заготовок, которые близки по форме и размерам к готовому изделию. К основным разновидностям относятся: штамповка и ковка.

Для определения наиболее оптимального метода получения заготовки детали типа «Фланец» рассмотрим несколько методов. В итоговой таблице будет приведена сравнительная характеристика, определяющая наиболее применимый метод.

Свободная ковка

Одним из методов получения заготовок является свободная ковка. В данном случае требуемое изменение формы заготовки достигается путем ударов и нажимов специальным инструментом пресса или молота. Свободная ковка осуществляется только с предварительным нагревом заготовки. Данным методом можно не только изменить форму и размеры заготовки, но также и улучшить механических свойств получаемой детали. Поковки служат заготовками для дальнейшей механической обработки. [2]

Полученные таким методом заготовки имеют относительно низкие классы точности. Коэффициент использования материала также не высок. Отходы металла при ковке достигают до 20 - 30 % от исходной массы заготовки. Данное явление происходит по причине угара, так как обрабатывают подогретые заготовки, а также из-за большого объема неиспользованной части слитка.

Горячая объемная штамповка (ГОШ)

Данный метод основывается на использовании одного из основных физических свойств металла – пластичности. Получение поковки требуемой формы и размеров происходит вследствие заполнения металлом рабочей полости штампа. При ГОШ в отличие отковки течение металла принудительно ограничивается поверхностями ручьев. Получаемое изделие называется поковкой. ГОШ применима в серийном и крупносерийном производстве. [4]

По сравнению с ковкой, горячая объемная штамповка обладает высокой производительностью; Точность размеров и качество получаемой поверхности выше чем у заготовок, полученных ковкой. Возможна более сложная конфигурация поковок. К недостаткам данного метода можно отнести: получение поковок массой до 200 кг; высокая стоимость штампов;

Горячая объемная штамповка на молотах

Особенностями ГОШ на молотах являются ударный характер деформирующего воздействия, также присутствует возможность регулирования хода подвижных частей и величины удара при одновременном кантовании заготовки. Это позволяет более эффективно производить перераспределение металла. Выполнение всех заготовительных переходов также возможно на молотах.

Горячая объемная штамповка на прессах

Штамповка на прессах имеет несколько важных преимуществ по сравнению со штамповкой на молотах: припуски и напуски на 30% меньше, полученная заготовка обладает повышенной точностью, производительность 1,5÷2 раза выше, также возможно прошивание отверстий, работа выполняется без ударов. Существенный недостаток данного метода заключается в том, что в процессе взаимодействия пресса и поковки, окалина вдавливается в структуру заготовки, чтобы избежать этого, требуется проводить предварительную очистку заготовки от окалины, или проводить безокислительный нагрев.

Горячая объемная штамповка на ГКМ

Перед выполнением процесса требуется нагреть заготовки по всему объему с минимальными окислениями и обезуглероживаниями поверхностей. После деформирования матрицы разжимаются, заготовку вытаскивают либо она выпадает. Штамп имеет три рабочие части, следовательно, уклоны и напуски на поковке минимальны или отсутствуют вовсе. К недостаткам данного метода можно отнести дороговизну оборудования, а также метод обладает малой универсальностью.

Методы холодной объемной штамповки

Метод холодной объемной штамповки заключается в пластическом деформировании металла в открытых или закрытых штампах, но без нагрева заготовки. К преимуществам можно отнести высокую производительности, и небольшие экономические затраты. Производство деталей с помощью холодной объемной штамповки в зависимости от типа оборудования осуществляется двумя способами: одно- и многопозиционной штамповкой на прессах. В процессе однопозиционной штамповки достигается высокое качество. Также наиболее полно используется штампуемость материала, так как между операциями возможна термическая обработка. [3] Использование многопозиционных штампов обеспечивает возможность штамповки деталей из сталей с высокой прочностью, большими размерами и массой по сравнению с пресс-автоматами.

Но применение данного метода не является целесообразным, потому что во время холодной объемной штамповки возникают значительные контактные напряжения в штампе, так как степень деформации ограничена, то в данном

случае могут появляться трещины, что может привести к разрушению, а, следовательно, к экономическим потерям.

Сравнение процессов обработки металлов давлением

Таблица 1.

Характеристики методов получения заготовок

Способы ОМД	Тип производства	Квалитет точности	Шероховатость по Ra, мкм	Квт
Свободная машинная ковка	Е, МС	16-17	40	0,3-0,6
ГОШ на молотах	МС, С	15-17	40	0,44-0,8
ГОШ на прессах	С, КС, М	13-17	20	0,5-0,8
ГОШ на ГКМ	С, КС, М	13-17	20	0,55-0,8
ХОШ	КС, М	8-14	14	0,85-0,95

В результате исследования, можно сделать вывод о том, что для изготовления заготовки детали типа «Фланец» наиболее оптимальным методом является «Свободная машинная ковка». Этот метод позволяет изготавливать крупные по массе и габаритам изделия, не требуется применение оборудования с высокими усилиями зажатиями, также возможно применение универсального оборудования и инструмента, что резко снижает затраты производства, особенно при мелкосерийном производстве и данный метод удовлетворяет всем техническим требованиям.

Список литературы

- [1]. *Килов А.С.* Обработка материалов давлением в промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lib-bkm.ru/load/85-1-0-1762>
- [2]. *Живов Л.И.* Кузнечно-штамповочное оборудование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lib-bkm.ru/load/85-1-0-1813>
- [3]. *Миропольский Ю.А.* Холодная штамповка на автоматах // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lib-bkm.ru/13609>
- [4]. *Глуценков В.А.* Специальные виды штамповки: учеб пособие. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lib-bkm.ru/12736>

Ремезов Сергей Евгеньевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. student.bmstu: rse19km168@student.bmstu.ru

ВЫЯВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТОЧНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТЕЙ, ОБРАБОТАННЫХ МЕТОДОМ ГАР

Гидроабразивная резка – это механический процесс, при котором материал удаляется путем физического контакта. Технология активно используется в промышленных масштабах с конца прошлого века. Суть метода ГАР сводится к эрозионному воздействию воды на металл. Абразивные материалы используются для того, чтобы повысить жесткость потока воды. Гидроабразивная резка является одним из самых эффективных способов обработки поверхностей различных материалов. В данной статье будут рассмотрены основные факторы, влияющие на точность и качество поверхностей, обработанных методом гидроабразивной резки.

1. Параметры резки:

Параметры резки являются одним из важнейших факторов, влияющих на точность и качество поверхностей, обработанных методом гидроабразивной резки. К ним относятся скорость движения рабочей головки, глубина реза и подача рабочей головки. Скорость движения рабочей головки должна быть достаточно высокой, чтобы обеспечить быструю обработку, но не слишком высокой, чтобы избежать деформации материала

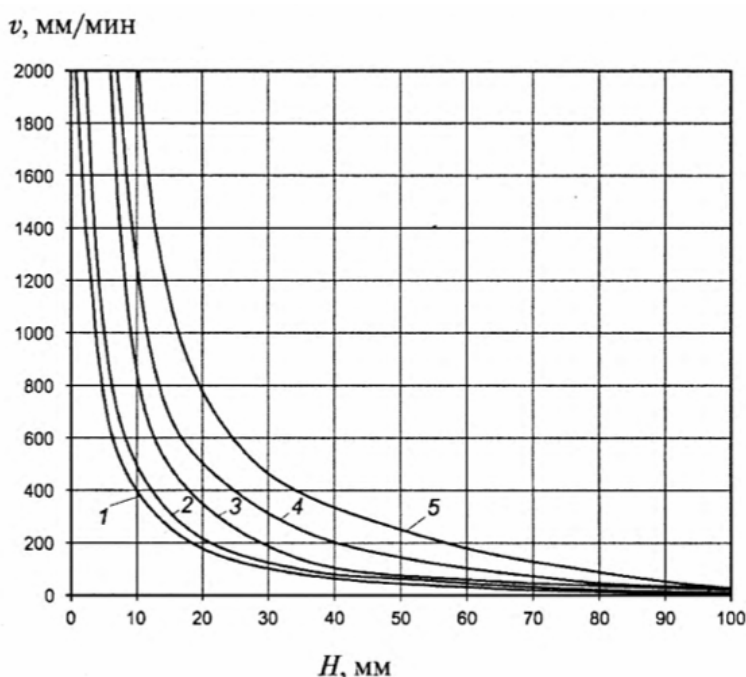


Рис. 1. Зависимость средних значений скоростей резания некоторых метриалов от их толщины:

1-Инструментальная сталь; 2-Титан; 3-Мрамор; 4-Алюманий; 5-Стекло

2. Абразивные параметры:

Абразивные параметры являются вторым важным фактором. К ним относятся размер абразивного зерна, концентрация абразива и жесткость абразива. Размер

абразивного зерна должен быть выбран оптимальным, чтобы достичь необходимой точности и качества поверхности. Концентрация абразива и жесткость абразива должны быть подобраны таким образом, чтобы обеспечить достаточную эффективность и длительность работы абразивного инструмента.

3. Параметры абразивного материала:

Имеет значительное влияние на точность и качество поверхностей, обработанных методом гидроабразивной резки. Абразивный материал, используемый в этом процессе, может быть изготовлен из различных материалов, таких как алмазы, карбид кремния, оксиды алюминия и многие другие.

Таблица 1.

Производительность резки конструкционных материалов на установках ГАР

Обработанный материал	Толщина, мм	Наличие абразива	Контурная подача мм/мин
Алюминий и его сплавы	2...4	Песок кварцевый 0,25...0,3	600...1100
Стекло	10...20	Песок кварцевый 0,15...0,25	250...1000
Стеклопластик	3...10	Чистая вода	до 5000
Углеродистая сталь	2...5	Песок кварцевый 0,25...0,4	150...400
Сталь нержавеющая	2...6		50...300
Титан и его сплавы	2...10		100...3000

Более мелкие частицы обеспечивают более гладкую поверхность, но могут увеличить время резки. Более крупные частицы позволяют более быстро резать материал, но при этом уменьшается качество поверхности.

4. Параметры фокусирующей трубки:

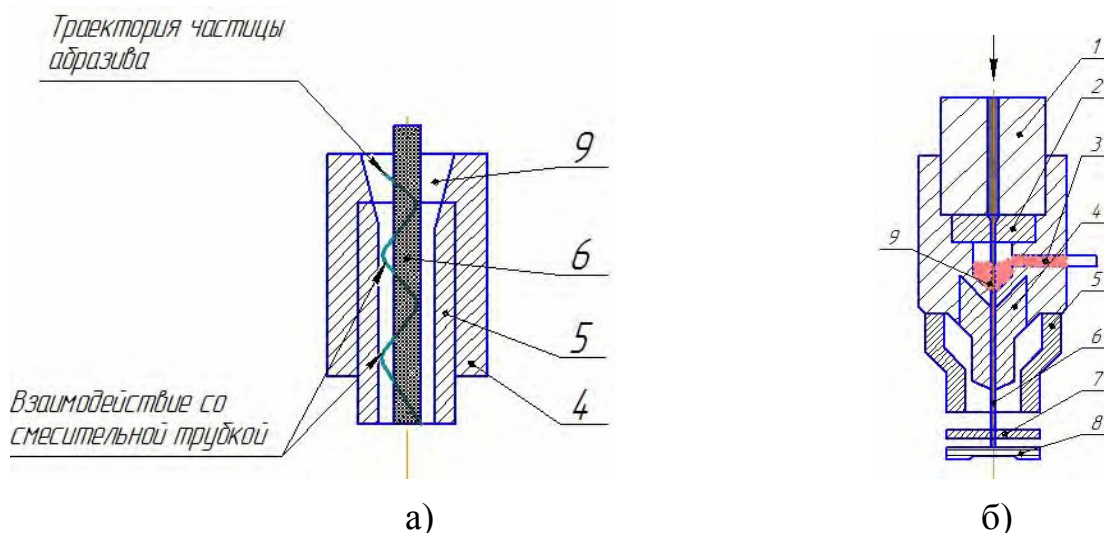


Рис. 2. Схемы режущей головки (б) и траектории движения частиц в смесительной трубке (а): 1 – подводящий водовод; 2 – сопло; 3 – подвод абразива; 4 - смесительная трубка; 5 – кожух; 6 – режущая струя; 7 – разрезаемый материал; 8 – гасящий слой воды; 9 – смесительная камера

Фокусирующая трубка является важным элементом гидроабразивной резки, так как именно она определяет размеры и качество получаемых вырезов. Она обладает определенными параметрами, которые также влияют на точность и качество обработки поверхности.

Одним из главных параметров является диаметр фокусирующей трубки. Он должен быть правильно подобран в соответствии с толщиной материала, который необходимо обработать. Если диаметр трубки выбран неправильно, это может привести к сильной деформации материала, а также к неравномерности резки.

Еще одним параметром является расстояние между фокусирующей трубкой и обрабатываемой поверхностью. Если это расстояние слишком большое или слишком маленькое, то это также может привести к неравномерности резки и деформации материала.

5. Гидравлические параметры:

Гидравлические параметры играют важную роль в обеспечении точности и качества поверхностей при гидроабразивной резке. Они включают давление воды, расход воды, температуру воды, рН-значение и содержание абразива в воде.

Давление воды является одним из самых важных параметров, влияющих на точность и качество резки. Расход воды играет важную роль в гидроабразивной резке. Он должен быть достаточным, чтобы обеспечить надлежащее удаление отходов от резки. Однако, слишком большой расход может привести к излишнему потреблению воды и абразива, что увеличит затраты на процесс. Температура воды должна быть контролируемой и находиться в диапазоне от 10 до 20 градусов Цельсия. рН-значение воды также важно, поскольку оно может влиять на химические свойства материала и абразива. Рекомендуемое значение рН для воды в процессе гидроабразивной резки составляет от 6,5 до 8,5. Содержание абразива должно быть достаточным для обеспечения надлежащего износа абразивного материала, но не должно быть избыточным, чтобы не повышать затраты на процесс.

Таким образом, параметры резки, абразивные параметры, параметры абразивного материала, параметры фокусирующей трубки и гидравлические параметры - все они играют важную роль в обеспечении точности и качества поверхностей, обработанных методом гидроабразивной резки.

Список литературы

[1]. *Икрамов У. А.* Расчетные методы оценки абразивного износа. М.: Машиностроение.1987.

[2]. *Кащеев В. Н.* Процессы в зоне фрикционного контакта металлов. М.: Машиностроение.1978.

[3]. *Колымцев П. Т.* Жаростойкие диффузионные покрытия. М.: Metallurgy.1979.

[4]. *Кононов В. К.* Определение поверхностных напряжений с применением электронного автоматического самопишущего потенциометра ЭПП-09М // Высо-

коэффициентные методы механической обработки жаропрочных и титановых сплавов. Куйбышев; КуАИ. 1981.

Охрименко Егор Дмитриевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
Student bmstu: oed19km156@student.bmstu.ru

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО МЕТОДА ЛИТЬЯ ЗАГОТОВКИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ДЕТАЛИ

Литейное производство в настоящее время является одним из ведущих методов изготовления металлических деталей, используемых в самых разных различных отраслях промышленности. Отливки используются не только при производстве машин и инструментов, но и при строительстве домов, дороги, предметов быта. Литьем возможно получить детали из разных сплавов, различной структуры и геометрией поверхности, массой от нескольких граммов до сот тонн, с разнообразными эксплуатационными характеристиками [1].

По мере увеличения количества различных процессов и вариантов литья растет потребность в более ясной и подробной классификации этих процессов с точки зрения их основных общих черт. Это позволяет систематически представить суть различных процессов, облегчая понимание их принципов и позволяя создавать новые, более эффективные методы литья.

Литье в песчано-глинистые формы

Литье в песчано-глинистые формы - относительно простой и экономически эффективный процесс. Разовые песчано-глинистые формы приготавливаются прямо в полу литейного цеха с помощью шаблонов, или же в отдельных ящиках-опоках. [2].

Отливки обычно изготавливаются из серого чугуна, который обладает высокой жидкотекучестью и малой усадкой (1%). В относительно ограниченном объеме таким способом производятся отливки из медных и алюминиевых сплавов.

Точность получаемых отливок, как правило, грубее 14 квалитета и определяется специальными стандартами точности.

Шероховатость поверхности у отливок более 0,3 мм, на поверхности характерно появление раковин.

Размеры отливок теоретически не ограничены. Этот метод используется для производства самых крупных отливок (до нескольких сотен тонн). К ним относятся станины станков и корпуса турбин.

Литье по выплавляемым моделям

Это процесс производства отливок с использованием уникальной, точной цельной формы с керамической оболочкой, изготовленной из разовой модели и жидкой формовочной смеси.

По сравнению с другими методами, литье по выплавляемым моделям позволяет получать сложные отливки весом от нескольких граммов до десятков килограммов, со стенками толщиной 0,5 мм и более, с поверхностью, соответствующей 2-5 классам точности (ГОСТ 26645-85) и с высокой размерной точностью [3].

Выплавляемые модели используются для отливки кронштейнов, режущих инструментов, карабинов, мелких деталей для автомобилей и тракторов.

В качестве выплавляемых металлов используют: высоколегированные стали со специальными свойствами, серые чугуны, алюминий, бронзы. [4].

Литье в кокиль

Кокильное литье – это процесс литья металла, которое осуществляется путем свободной заливки кокилей. Кокиль - это металлическая форма, обладающая естественным или принудительным охлаждением, которая заполняется расплавленным металлом под действием гравитационных сил. После затвердевания и охлаждения, кокиль открывают и извлекают из него изделие.

Этот метод используется на серийных и крупносерийных производствах. Размерная точность отливок находится в пределах классов 5-9, если отливка из цветного металла и в пределах 7-11 классов, если отливка из черного металла (ГОСТ 26645-85).

В качестве выплавляемых металлов обычно используют: алюминиевые сплавы, медные сплавы, чугун, легированные стали.

Литье под давлением

Процесс литья под давлением представляет из себя заполнение рабочей полости металлической пресс-формы расплавом. Формирование отливки происходит под движущимся поршнем пресса в формовочной камере, которая в свою очередь заполнена расплавленным материалом.

Достоинствами данного метода литья можно назвать высокую точность (класс 1-4 по ГОСТ 26645-85), низкую шероховатость поверхности (почти не требуется механическая обработка), возможность получения отливки большой площади с малой толщиной стенок [5].

Для литья используют цинковые, магниевые и медные сплавы. Литье под давлением рационально только для массового производства из-за сложности и высокой стоимости изготовления форм.

Литье под регулируемым давлением

Регулируемое литье под давлением включает методы литья, суть которых заключается в заполнении полости формы расплавленным материалом и обеспечении затвердевания отливки под воздействием избыточного давления воздуха или газа. Наиболее широко используются такие методы литья под регулируемым давлением, как: литье под низким давлением, литье под низким давлением с противодействием, вакуумно-всасывающее литье.

Основными преимуществами являются: возможность получения деталей с минимальными допусками на механическую обработку или без них, небольшая шероховатость необработанных поверхностей, исключение трудоёмких операций производства.

Литье в оболочковые формы

В данном методе смесь песка с частицами терморезистивного материала выливают на нагретую металлическую модель. Затем оболочка собирается путем склеивания силикатным клеем, закрепляется в опоках и покрывается слоем песка для обеспечения прочности при заливке металла [6].

По сравнению с другими методами, литье в оболочковые формы имеет существенное преимущество - облегчение автоматизации производства форм. Но при литье в оболочковые формы трудно получить отливки сложной формы и отливки крупных размеров.

Оболочковые формы используются для получения ответственных деталей: коленчатые валы, зубчатые колеса, радиаторы.

Центробежное литье

При центробежном литье формирование отливок происходит, когда форма с расплавом металла вращается вокруг заданной оси или по сложной траектории. При центробежном литье изготавливаются литые заготовки, имеющие форму тел вращения.

По сравнению с литьем в неподвижные формы центробежное литье имеет ряд преимуществ: повышается заполняемость формы, плотность и механические свойства отливок. А к недостаткам, присущим этому методу литья относятся: требование специального оборудования, неточность размеров свободных поверхностей отливок, повышенная склонность к разжижению компонентов сплава и повышенные требования к прочности литейной формы.

Основные характеристики методов литья приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Способ литья	Материалы отливок	Форма и размеры	Точность, шероховатость (Ra , мкм)	Область применения
Литье в песчано-глинистые формы	Чугун, сталь, цветные металлы	Крупногабаритные, сложной формы	Грубее 14 кв $Ra = 10$	Все отрасли машиностроения, от массового до единичного производства
Литье в оболочковые формы	Чугун, сталь, цветные металлы	Масса менее 1т. Размеры и форма ограничены	Грубее 14 кв $Ra = 10$	Серийное и массовое производство
Литье в кокиль	Алюминиевые и медные сплавы	Масса до 250 кг, форма ограничена условиями извлечения отливки из кокиля	12-14 кв $Ra > 10$	Серийное и массовое производство
Литье под давлением	Алюминиевые, цинковые, реже медные сплавы	Масса до 200 кг, форма ограничена условиями раскрытия прессформы	7-12 кв $Ra = 0,125 \dots 10$	Крупносерийное массовое производство
Литье по выплавляемым моделям	Сталь, спец. сплавы, медные сплавы	Форма ограничена, масса до 20 кг, в художественном литье не ограничена	10-14 кв $Ra = 0,5 \dots 10$	Серийное производство сложных по форме изделий, в том числе тугоплавких сплавов
Центробежное литье	Чугун, сталь, цветные металлы	Форма тел вращения, трубы диаметром до 1200 мм и длиной 7000 мм	9-11 кв $Ra = 0,125 \dots 10$	Серийное и массовое производство

Вывод: для изготовления детали типа «Водило-вал» наиболее рациональным методом с точки зрения экономической и конструктивных соображений является литье в песчано-глинистые формы. Данный метод литья будет наиболее

производительным и менее затратных для данного типа производства. При увеличении партии изготовления наилучшим методом изготовления детали будет являться литье в кокиль, так как чем больше годовая программа выпуска деталей, тем выше рентабельность капиталовложений, связанная с изготовлением штампов для литья в кокиль.

Список литературы

[1]. *Масанский О.А.* Материаловедение и технологии конструкционных материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2015. - 268 с. : табл., граф., ил. URL: biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435698

[2]. *Кузнецов, В.Г.* Технология литья [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Г. Кузнецов, Ф.А. Гарифуллин, Г.С. Дьяконов; - Казань : КНИТУ, 2012. – 146с . URL: biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258609

[3]. *Ковшов А.Н.* Технология машиностроения [Электронный ресурс]/ А.Н. Ковшов – СПб. : Лань, 2016. – 320 с. URL: <http://e.lanbook.com/book/86015>.

[4]. *С.С. Некрасов* Практикум по технологии конструкционных материалов и материаловедению [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ – СПб.: Квадро, 2016.– 240 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/57307>

[5]. *Солнцев, Ю. П.* Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учебник для вузов / Ю. П. Солнцев, Б. С. Ермаков, В. Ю. Пирайнен ; под ред. Ю. П. Солнцева. –СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. – 504 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/67356.html>

[6]. *Марукович Е.И.* Литейные сплавы и технологии [Электронный ресурс]: монография/ Е.И.Марукович, М.И.Карпенко– Минск: Белорусская наука, 2012.– 443 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/29469>

Казмин Артем Владимирович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kazminav@student.bmstu.ru

СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВАЛОВ

Виды конических соединений

Коническое соединение представляет собой соединение между внешним и внутренним конусами с одинаковыми номинальными углами конусности или одинаковыми номинальными конусами. Конические соединения имеют ряд преимуществ перед цилиндрическими, а в ряде случаев являются незаменимыми. Они могут быть подвижными, неподвижными и плотными.

Конические муфты используются для изготовления муфт, требующих частой разборки и повторной сборки с хорошей центровкой сопрягаемых деталей. Показательным примером наиболее распространенного применения конусов является установка режущего инструмента в шпиндель станков. Подвижные конические соединения используются для обеспечения относительного вращения или расстояния между деталями. Эти соединения отличаются точной центровкой, возможностью компенсировать износ деталей перемещением их вдоль оси, например, в конических подшипниках станков, в устройствах управления. Подвижные конусные соединения позволяют регулировать люфт относительно движущимися частями вдоль оси, что обеспечивает высокую concentricity и долговечность работы при сохранении заданных характеристик. Такие конические подшипники вращения часто используются в высокоточном машиностроении и приборостроении. Неподвижные конические соединения (например, цилиндрические посадки с прессовой посадкой) используются для передачи крутящего момента. Неподвижность создается силой трения между сопрягаемыми поверхностями. Сила трения регулируется путем изменения натяжения, обеспечиваемого затягиванием или вдавливанием внешнего конуса во внутренний конус. При передаче больших нагрузок с небольшими возмущениями, а также вибрации применяют дополнительное крепление дюбелями в конических составах. В конических неподвижных соединениях необходимое натяжение создается осевой силой, и происходит самоцентрирование конических элементов сопряжения. Такие соединения легко демонтируются, и всегда есть возможность отрегулировать натяжение. Герметичные (или герметичные) конические соединения применяют в кранах, арматуре, для посадки клапана в седло газораспределительного оборудования, в пробках парфюмерных флаконов и т.д. Герметичное соединение обеспечивается шлифовкой ответных частей и обычно не взаимозаменяемо.

Способы обработки и контроля конических поверхностей

Обработку конусов на токарном станке осуществляют следующими способами: широкоугольной фрезой, обтачиванием верхней части суппорта (внешней и внутренней поверхностей), смещением корпуса задней бабки в поперечном направлении, с помощью (конической) копировальной линейки и конических разверток.

При всех способах точения конусов резцы должны быть установлены строго на уровне центров станков. В противном случае возможны дефекты, так как линия поверхности конуса может быть криволинейной. Обработка конических поверхностей широкоугольной фрезой. Угловой фрезой 1 обрабатывают наружные и внутренние конусы небольшой длины с продольной или поперечной подачей - до 20...25 мм. Обработка конических поверхностей перемещением корпуса задней бабки в поперечном направлении. Этот метод применяют для длинных конусных поверхностей с углом наклона не более 10° . Заготовка устанавливается в центрах, вращение передается ей через ведущий шкив и хомут. Корпус задней бабки перемещается в поперечном направлении с помощью винта. Ось заготовки расположена под углом к оси центров, а образующая конуса параллельна этой оси. Конические поверхности обрабатывают конической линейкой. Эта обработка используется для обработки конических поверхностей различной длины с углом до 12° в крупносерийном производстве. Этот метод позволяет добиться высокой точности внутренней и внешней поверхностей. Копировальные линейки имеют шкалу для считывания угла поворота с градуировкой в градусах или для считывания конусности с градуировкой в миллиметрах. Поверхности конусов измеряют транспортирами, шаблонами, угольниками, конусомерами, сферами, синусоидальными и тангенциальными линейками, универсальными микроскопами (координатными методами), оптическими делительными головками, конусными угломерами и др.

Чаще всего конусы измеряют с помощью угольников и угольников. Квадратные меры (плитки) комплектуются комплектами по 5, 19, 36 и 94 штуки, из которых можно выбрать соответствующие плитки или блоки для измерения заданных углов (минимум 10°) с трех- или четырехсторонней призмой или четырьмя рабочими углами. С помощью плиток устанавливают наибольший зазор между сторонами измеряемого конуса и квадрата (или отсутствие зазора) и сравнивают на глаз с рядом зазоров, размеры которых известны (при зазоре 5 - 10 мкм) или оценивается щупами (с зазором более 30 мкм). Углы конических валов и втулок измеряют угломерами. Для повышения точности показаний угломеры снабжаются конусными или оптическими приборами. Конические калибры используются для проверки угла конусности вала, а калибры-пробки используются для проверки угла конусных втулок. Карандашом провести прямую линию по линии поверхности конуса штока и осторожно вставить шток в коническую мерную втулку. После приложения некоторой осевой силы для плотной посадки конических поверхностей вала и втулки их поворачивают относительно друг друга на небольшой угол. Если образующая конуса хвостовика прямая и угол конуса правильный, графит карандаша будет равномерно распределен по всей длине конуса; в противном случае образуются только одиночные пятна. При проверке внутреннего конуса на пробковом калибре проводят карандашную линию.

Универсальный угломер. Универсальным инструментом для измерения конусов является угломер системы Семенова. Он состоит из основания 4, на которое нанесена основная градусная шкала, и сектора 6 с нанесенной на него конусной шкалой 7. Сектор может вращаться вдоль основания. Держателем 9 на секторе

можно зафиксировать уголок 2, на котором с помощью держателя 3 фиксируется съемная линейка 1. Линейка 8 жестко связана с основанием 4. Винт 5 служит для крепления сектора 6 к основанию. Показания угломера отсчитывают по основной шкале и нониусу. Наименьшее значение нониуса равно 2'.

Вывод: для изготовления моей детали типа «вал» токарная обработка фрезой специальной формы на токарном станке с ЧПУ является наиболее эффективным и выгодным методом, особенно в серийном производстве. Этот метод является наиболее эффективным с точки зрения капиталовложений, точности и качества поверхности, требуя только токарного станка с ЧПУ, используемого во всех современных операциях, и фасонного резца.

Список литературы

[1]. Зайцев С.А., Куранов А.Д., Толстов А.Н. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении: начальное профессиональное образование, учебник. - М.: Академия, 2007. - С. 190 -200.

[2]. ГОСТ 25307 - 82. Основные нормы взаимозаменяемости: система допусков и посадок для конических соединений. - 2004.

[3]. ГОСТ 25346 - 89. Основные нормы взаимозаменяемости: единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений. - 2004.

[4]. ГОСТ 8908 - 81. Основные нормы взаимозаменяемости: нормальные углы и допуски углов. - 2002.

[5]. ГОСТ 8593 - 81. Основные нормы взаимозаменяемости: нормальные конусности и углы конусов. - 1981.

[6]. Измерение конических поверхностей. - М.: 2010. [Электронный ресурс]. URL: <http://machinetools.aggress.ru/index.php/tokarnyj-standok/obrabotka-konicheskikh-poverhnostej/79-izmerenie-konicheskikh-poverhnostej> (дата обращения: 20.12.2022).

Матюшин Даниил Сергеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: mds19km129@student.bmstu.ru

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ГРУППЫ ТОЧНЫХ ОТВЕРСТИЙ

Обработка отверстий – это целый ряд технологических операций, целью которых является доведение геометрических параметров, а также степени шероховатости внутренней поверхности предварительно выполненных отверстий до требуемых значений. Отверстия, которые обрабатываются при помощи таких технологических операций, могут быть предварительно получены в сплошном материале не только при помощи сверления, но также методом литья и другими способами.[3]

Таким образом рассмотрим методы обработки отверстий.

Электрохимическая обработка отверстий

При электрохимической прошивке отверстий точность обработки определяется изменением бокового зазора в радиальном и осевом направлениях. Изменение зазора в осевом направлении приводит к появлению погрешности обработки в виде конусности.[1]

Электрохимический метод обработки используется для точного профилирования изделий из труднообрабатываемых материалов, при изготовлении фасонных полостей в крупногабаритных или труднообрабатываемых деталях, при прошивке отверстий, изготовлении сеток, резке твердых металлов. Разновидностью электрохимической обработки является анодно-механическая обработка металлических поверхностей – доводка и резка металлов.

Пробивка отверстий методом обработки металлов давлением (ОМД)

Если толщина детали 0,5-4 мм, то можно использовать пробивку отверстий методом (ОМД). Сам процесс осуществляется с использованием пуансона – пробойника, изготовленного из твердых сплавов, и матрицы – перфорированной «подложки», на которой размещается заготовка. Пуансоны могут иметь разнообразные формы, что дает возможность нанесения перфорации различных видов.[1]

Получаемые перфорированные листы могут использоваться в самых различных сферах и выступать деталями металлической мебели, каркасов рекламных конструкций, защитными кожухами и решетками.[2]

Для обработки отверстий с толщиной металла более 20 мм используют три основных способа: сверление, развертывание и зенкерование. В свою очередь эти методы подразделяются на дополнительные технологические операции, к которым относятся рассверливание, цекование и зенкование.

Сверление

Чтобы обрабатывать отверстия, их необходимо предварительно получить, для чего можно использовать различные технологии. Наиболее распространенной из таких технологий является сверление, выполняемое с использованием режущего инструмента, который называется сверлом.

При помощи сверл, устанавливаемых в специальных приспособлениях или оборудовании, в сплошном материале можно получать как сквозные, так и глухие отверстия. В зависимости от используемых приспособлений и оборудования сверление может быть:

1)ручным, выполняемым посредством механических сверлильных устройств или электро- и пневмодрелей;

2)станочным, осуществляемым на специализированном сверлильном оборудовании.

Если в обрабатываемой детали необходимо выполнить отверстие большего диаметра, а также добиться высокой производительности данного процесса, лучше всего использовать специальные сверлильные станки, которые могут быть настольными и стационарными. Последние в свою очередь подразделяются на вертикально- и радиально-сверлильные. [3]

Зенкерование

При помощи зенкерования, выполняемого с использованием специального режущего инструмента, решаются следующие задачи, связанные с обработкой отверстий, полученных методом литья, штамповки,ковки или посредством других технологических операций:

1)приведение формы и геометрических параметров имеющегося отверстия в соответствие с требуемыми значениями;

2)повышение точности параметров предварительно просверленного отверстия вплоть до восьмого квалитета;

3)обработка цилиндрических отверстий для уменьшения степени шероховатости их внутренней поверхности, которая при использовании такой технологической операции может доходить до значения Ra 1,25.

Если такой обработке необходимо подвергнуть отверстие небольшого диаметра, то ее можно выполнить на настольных сверлильных станках. Зенкерование отверстий большого диаметра, а также обработка глубоких отверстий выполняются на стационарном оборудовании, устанавливаемом на специальном фундаменте. [3]

Развертывание

Процедуре развертывания подвергаются отверстия, которые предварительно были получены в детали при помощи сверления. Обработанный с использованием такой технологической операции элемент может иметь точность, степень которой доходит до шестого квалитета, а также невысокую шероховатость – до Ra 0,063. Развертки делятся на черновые и чистовые, также они могут быть ручными или машинными.[3]

Заключение

Наиболее распространённым методом обработки отверстий в единичном и серийном производстве является сверление с возможной последующей доработкой отверстия зенкером или разверткой, смотря какая точность необходима для получения отверстия. Данным методом можно обработать также группу отверстий, путем перемещения стола станка, но с этим связаны и

погрешности, которые можно получить в ходе обработки. Поэтому если необходимы высокоточные по расположению группы отверстий наилучшим оборудованием будет являться станок с числовым программным обеспечением. Погрешность на данных станках будет зависеть от точности интерполятора и точности привода.

Список литературы

[1]. Тимирязев, В. А. Основы технологии машиностроительного производства [Электронный ресурс]: учебник / В. А. Тимирязев, В. П. Вороненко, А. Г. Схиртладзе. – Санкт-Петербург : Лань, 2012. – 448 с.

[2]. Немцев Б. А., Яковлев П. Д., Яковлев С. П. Технология глубокого сверления отверстий малых диаметров с наружным подводом СОЖ // Металлообработка, №4, 2015. С. 19-24.

[3]. Немцев Б. А., Яковлев П. Д., Яковлев С. П. Технология глубокого сверления отверстий малых диаметров с наружным подводом СОЖ // Металлообработка, №4, 2015. С. 19-24.

[4]. Синицкий О.В. Моделирование процессов ОМД [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lib-bkm.ru/13809>.

Анопочкин Антон Игоревич– студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: Anopochkin.anton@yandex.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ВЫБОРА КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОСНАСТКИ И АНАЛИЗА СТРАТЕГИИ ОБРАБОТКИ

Повышение эффективности подготовки производства всегда являлось неотъемлемой частью любого предприятия в области машиностроения. Данная тема является актуальной и на сегодняшний день.

При этом процессе должны в совокупности рассматриваться все факторы производства. Основными задачами при написании данной работы являются улучшение и ускорение процесса обработки наружной цилиндрической поверхности детали типа «Обойма», путём оптимизации качественного состава инструментальной оснастки и анализа траектории движения режущего инструмента на станке с числовым программным управлением.

Количественная оценка целесообразности замены одного резца другим

Как правило, проблема выбора качественного состава требуемого инструмента для токарных станков с ЧПУ заключается в том, что на многих предприятиях оптимизация состава инструмента не подчиняется какой-либо систематизации, потому что ее нет, либо есть, но она будет присутствовать лишь на уровне оператора станка с числовым программным обеспечением. Во время оптимизации оператор руководствуется своим профессиональным опытом (т.е. оценка возможной замены инструмента носит субъективный характер)

Замена одних резцов другими известна и используется уже давно, как и на универсальных станках, так и на станках с ЧПУ. На производстве трудно заменимыми являются инструменты для наружного точения, специальные инструменты для обработки сложных, мелких, фасонных и труднодоступных поверхностей. Если рассматривать обработку простых поверхностей, например цилиндрических, ступенчатых, конусных, сферических, ступенчатых поверхностей, фасок, канавок, то можно использовать разные типы резцов. Эти режущие инструменты производительны и выгодно применять не только для тех поверхностей, которые заданы производителем, но и для поверхностей без каких-либо серьезных повреждений или ухудшений режимов резания.

Исследования были проведены на предприятии с различным по точности и классу современным станочным оборудованием, поэтому форма детали, способы и средства крепления, непосредственно сам станок не ограничивают выбор режимов резания, следовательно, в данном случае режимы определимы лишь возможностями инструмента

Для определения возможностей инструмента были произведены его производственные испытания на токарном станке с ЧПУ SPR-63NC.

Для выявления применимости резцов для обработки заданных поверхностей исходные данные были сведены в табл. 1 (резцы применялись правые).

Таблица 1

Применяемость резцов для обработки наружных поверхностей

	Проходной (с углами в плане 45 и более)	Проходной упорный	Проходной (с уг- лами в плане 35)	Подрез ной	С треугольной пластиной
Чистовое точение на- ружной цилиндриче- ской поверхности	+	+	+	-	+
Ступень правая	+	+	+	+	+
Канавка	+	-	+	-	-

В ходе исследования было определено, что во многих случаях возникает неопределенность возможности замены резцов

Наличие данной вариативности приводит к неопределенности выбора инструмента, как следствие оптимизации качественного состава инструмента.

Для исключения вариативности при выборе инструмента, приводящей неопределенности в вопросе оптимизации качественного состава инструмента была проведена оценка возможности замены одного инструмента другим для обработки конкретных поверхностей детали типа

«Обойма». Это позволило объективно заменить в таблице неопределенности на «+» или «-» и, таким образом, открывается возможность применения различных методов оптимизации

Определение состава инструментов дублеров

Для определения состава инструментов дублеров, был проведен анализ широкой номенклатуры токарной оснастки для наиболее рационального разбиения на подгруппы.

Таблица 2

Рекомендуемые режимы резания

№	Название резца с примером державок	Подача (<i>f</i>), Мм	Глубина сре- заемого слоя (<i>A_p</i>), Мм	Скорость резания (<i>V</i>), м/мин	Кол-во деталей, шт	Материал детали
1	Проходной (с углами в плане 45 и более) (SCLCR)	0,1-0,45	0,4-1,6	150	25-30	Сталь 3
2	Проходной с пластиной 350 (угол 117,50) (MVQNR)	0,09-0,4	0,1-0,25	140	20-25	Сталь 3
3	Проходной с пластиной 350 (угол 930) (SVJBR)	0,06-0,15	0,6-3,4	250	40-45	Сталь 3
4	Проходной Упорный (SCACR-SH)	0,15-0,35	0,9-3,4	250	40-50	Сталь 3
5	Подрезной (СКJNR)	0,25-0,5	1,5-5	200	35	Сталь 3
6	С треугольной пластиной (TFFNR)	0,1-0,25	1,5-5	220	40-50	Сталь 3

Сравнительные графики параметров режущих свойств

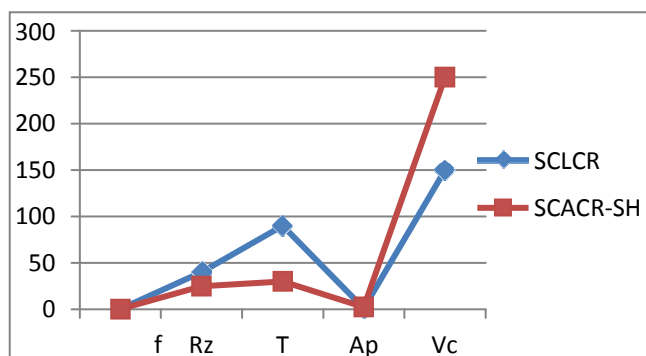


Рис 1. Резцы 1 группы

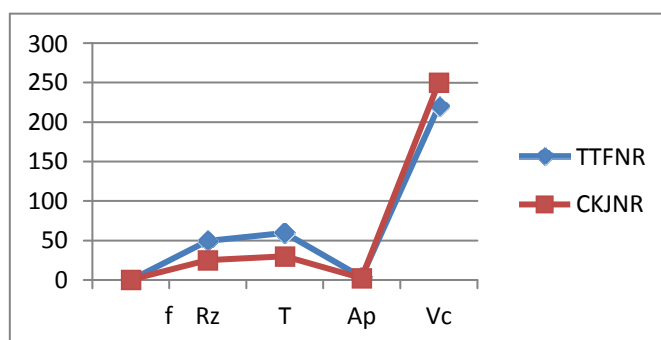


Рис.2.Резцы 2 группы

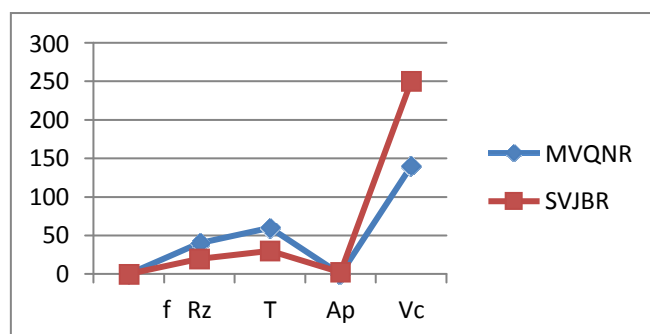


Рис 3.Резцы 3 группы

Глядя на рисунки становится понятно, что есть инструменты, превосходящие по своим параметрам свой резец дублер. В первую группу инструментов попали проходные резцы (SCLCR) и (SCACR-SH). Вторую группу составили резец с треугольной пластиной (TTFNR) и подрезной резец (CKJNR) из-за схожей номенклатуры обработки поверхностей. В третьей подгруппе находятся проходные с задним углом в 117,5 (MVQNR) и 93 (SVJBR) градусов, конструкция у таких инструментов похожа, но количество обрабатываемых ими поверхностей различное.

Выбор оптимальной стратегии обработки конструктивно-технологического элемента детали

На выбор кинематической стратегии обработки КТЭ влияет ряд факторов, таких как:

- жесткость технологической системы.
- длина или глубина обрабатываемого КТЭ;

- местоположение обрабатываемого элемента на детали;
- снимаемый на переходе припуск.

Среди вышеперечисленных факторов, многие являются нечеткими, например, технолог-программист способен сделать заключение о применяемой стратегии обработки при точении торца, оценив величину припуска как среднюю, большую или наименьшую. Кроме того, многие параметры будут иметь абсолютно разное числовое значение при обработке новой номенклатуры. Примером такого параметра является сила зажатия в патроне. Данный параметр зависит от конструкции заготовки, а значит может являться большим для одного диаметра и недостаточным для зажатия заготовки большего диаметра и как следствие большего веса.

Для повышения надежности работы резцов при проектировании переходов для токарной обработки на станках с ЧПУ рекомендуется сначала сделать один проход по торцу детали в направлении к оси вращения и один проход – вдоль оси. В данном случае возникает возможность сокращения числа врезаний режущей кромки инструмента в необработанную поверхность заготовки. Последующее направление движения резца выбирают исходя из условия минимального числа рабочих ходов и, как следствие, сокращения времени на обработку детали. Схемы перемещения инструмента, которые обеспечивают эти требования, зависят от размеров заготовки и способа ее крепления.

К примеру, при обработке заготовки в центрах минимальное число рабочих ходов достигается при перемещении резца вдоль оси заготовки. При обработке детали в патроне выбрать направление перемещения резца сложнее, за счет наличия различных вариаций перемещения.

Как правило заготовки малой длины и большого диаметра следует обрабатывать при перемещении резца перпендикулярно оси детали, а длинные заготовки – вдоль оси, заготовки с большим количеством ступеней разного диаметра – как вдоль так и поперек оси.

Зона обработки типа «контурная» имеет три схемы, отличающиеся по назначению: чистовая, получистовая и черновая. Две последние образуются при помощи линий эквидистантных к основному контуру детали. Назначение получистовой и черновой стадии в данном случае заключается в формировании контура детали, а достижение равномерного припуска для него должно обеспечиваться на чистовой.

Список литературы

[1]. Машиностроение – основа технологического развития России ТМ-2013: сб. науч. ст. V Междунар. науч.-техн. конф. / редкол.: Яцун Е.И. [и др.]; Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2013. 608 с.

[2]. Инновационные центры высоких технологий в машиностроении : монография / В.И. Аверченков [и др.] ; под общ. ред. В.И. Аверченкова, А.В. Аверченкова – Брянск : Изд-во Брян. гос. техн. ун-та, 2009. – 180 с.

[3]. Автоматизация выбора режущего инструмента для станков с ЧПУ [Текст] + [Электронный ресурс] : монография / В.И. Аверченков [и др.]. – Брянск : Изд-во Брян. гос. техн. ун-та, 2010. – 148 с.

[4]. Станки с ЧПУ в машиностроительном производстве [Текст] + [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / В.И. Аверченков [и др.]. – Брянск : Изд-во Брян. гос. техн. ун-та, 2010. – 216 с.

[5]. Автоматизация подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ [Текст] + [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / В.И. Аверченков [и др.]. – Брянск : Изд-во Брян. гос. техн. ун-та, 2010.– 213 с.

Гусакова Ксения Александровна – студентка КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана
E-mail: kseniya230402@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В КАЧЕСТВЕ АБРАЗИВНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ГИДРОАБРАЗИВНОГО РЕЗАНИЯ

Гидроабразивная резка является перспективным направлением обработки материалов. Дороговизна процесса, связанная в основном с абразивным материалом, побуждает искать альтернативный абразивный материал. Такой альтернативой может являться медный шлак.

Ключевые слова: абразив, медный шлак, гидроабразивное резание

Гидроабразивная резка (ГАР) – перспективный, универсальный, высокопроизводительный метод раскроя материалов, который с каждым годом получает большее распространение среди отечественных промышленных предприятий. К преимуществам ГАР можно отнести: возможность обработки практически любых материалов с обеспечением высоких показателей точности и производительности, отсутствие зоны термического влияния, высокую экологичность процесса и мн.др. Однако, метод ГАР не лишен недостатков. К ним, в частности, относятся достаточно высокая себестоимость обработки, а также сложности достижения требуемого качества поверхности на всех этапах резания.

Основное слабое место ГАР – высокая стоимость обработки. Основная доля затрат приходится на абразивы (от 54 до 75%) и расходные запасные части режущей головки, такие как фокусирующие трубки, камеры смешивания и водные сопла (от 13 до 20%) [1-3]. Износ фокусирующей трубки и камеры смешивания напрямую зависит от характеристик используемого абразивного материала. Поэтому степень износа можно снизить с помощью подбора абразива, который будет обеспечивать малый износ расходных запасных частей без потерь в производительности.

Наиболее часто используемым в качестве абразива материалом является гранат (альмадин) – природный минерал с высокой твердостью (около 7,5-8 по шкале Мооса). Гранатовые абразивы практически полностью импортируются из Австралии, Индии, ЮАР, США, и Китая. Из Австралии, Индии и США гранат доставляется исключительно морскими путями, что приводит не только к высокой стоимости абразива, а, следовательно, себестоимости гидроабразивной обработки, но и частым, нередко длительным, перебоям в поставках по различным причинам. Качество абразивов китайских производителей существенно ниже, чем у конкурентов, поскольку практически все абразивы производятся в небольших объемах на полкустарных производствах, где отсутствуют контроль качества и воспроизводимость.

В качестве альтернативы альмандину рассматривались: оливин, кварцевый песок, стекло, стальная дробь, ильменит, ставролит, корунд, лед и др. Однако, качество реза и производительность обработки с применением данных абразивов уступало обработке альмандином.

Исходя из сказанного, подбор абразивного материала, обеспечивающего высокие показатели производительности и качества гидроабразивного резания в сочетании с экономичностью процесса обработки (низкая стоимость абразивного материала, малый износ фокусирующей трубки и камеры смешивания) является актуальной задачей.

В настоящей работе представлено исследование возможности применения медного шлака в качестве абразивного материала для гидроабразивной резки.

Медный шлак образуется в процессе пирометаллургического способа производства меди. В процессе плавки рудная масса разделяется на два жидких слоя: штейн-сплав сульфидов, богатый медью, и шлак-сплав окислов.

Шлак представляет собой сплав оксидов переменного состава, основными компонентами которого являются оксиды железа (Fe_2O_3 , FeO), кремния (SiO_2), магния (MgO) и кальция (CaO). Также в составе медного шлака могут присутствовать оксиды других металлов, например, алюминия и цинка (Al_2O_3 и ZnO), но их содержание, как правило, не нормируется регламентирующими документами предприятий-поставщиков гранулированных шлаков.

Медный шлак обладает следующими преимуществами [4,5]:

- зерна шлака обладают большим количеством острых граней (рис.1 а, б), что может способствовать увеличению производительности процесса ГАР по сравнению с обработкой окатанными абразивами;

- твердость - 6,7 по шкале Мооса, что сопоставимо с твердостью гранатовых абразивов (6,5-7,5 по шкале Мооса). С увеличением твердости абразивного материала увеличивается производительность ГАР, однако применение сверхтвердых абразивов (например, карбид бора - 9,4 по шкале Мооса) способствует критическому износу фокусирующей трубки в течение 10-20 минут работы (вместо 80-100 часов при использовании граната);

- на рынке представлен большой ассортимент медных шлаков по гранулометрическому составу (от 0,1 до 5 мм), что позволяет выбрать оптимальный размер фракции без дополнительного применения специального мелющего оборудования;

- низкая гигроскопичность медного шлака исключает необходимость предварительной сушки;

- высокая сыпучесть, снижающая вероятность закупорки абразивом питающих трубок, камеры смешивания и фокусирующей трубки;

- низкая стоимость шлака в сравнении с гранатом (стоимость шлака - 5-5,5 тыс. руб/т.; гранат (пр-во Китай) -100-105 тыс. руб/т., гранат (пр-во Австралия) -140-145 тыс. руб/т.).

- материал не токсичен, в его составе отсутствует кремний, который может способствовать заболеванию работников силикозом легких;

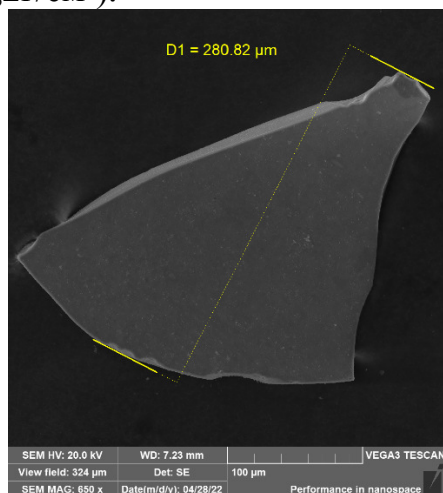
- экологическая безопасность материала Купершлак не образует токсичных соединений в воздушной и водной среде.

Из недостатков медного шлака можно отметить:

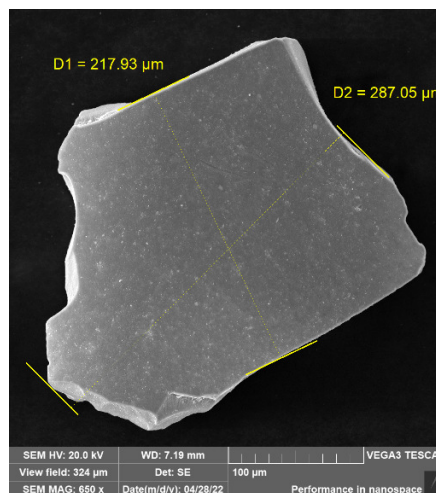
- значительное количество пластинчатых зерен в массе шлака (рис.1в). Пластинчатые зерна имеют низкую прочность по сравнению с зернами шарообразной

формы, вследствие чего, они могут разрушаться в фокусирующей трубке, не достигнув обрабатываемого материала;

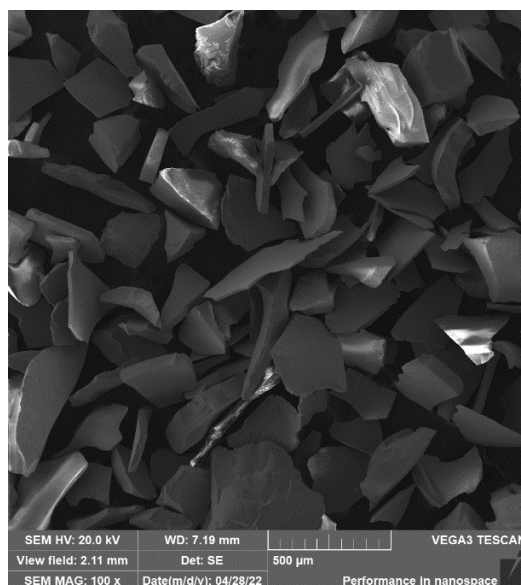
- сравнительно невысокая насыпная плотность (около 1,4-1,9 г/см³). Легкие частицы имеют меньшую кинетическую энергию, вследствие чего режущая способность легких абразивов ниже, чем у тяжелых (насыпная плотность алмазина – 3,9-4,2г/см³).



a



б



в

Рис.1. Зерна медного шлака (изображения со сканирующего электронного микроскопа Tescan VEGA 3):

а, б – единичные зерна; в - исследуемая выборка

Были проведены исследования [6], из которых можно сделать следующие выводы:

1) В связи с низкой прочностью зерен купершлака, а также из-за большого числа легких частиц, обладающих слабой кинетической энергией, весьма проблематично получить качественную поверхность реза при обработке материалов, толщиной более 40 мм.

2) Термическая обработка абразивов на основе купершлака оказывает положительное влияние на качество обработанной поверхности.

3) Использование абразивов, прошедших термическую обработку при $t=800^{\circ}\text{C}$, позволяет получить минимальную шероховатость и бороздчатость. При этом ТО при $t=1000^{\circ}\text{C}$ способствовало значительному ухудшению режущей способности абразивных материалов.

Список литературы

[1]. *Минимизация технологической себестоимости гидроабразивного резания с учетом стоимостных и технологических параметров процесса обработки* В.А Тарасов, АЛ. Галиновский, В.М. Елфимов

[2]. *Hoogstrate, A.M., Pi, V.N., Karpushchewski, B. Cost optimization for multiple-head AWJ cutting. In Proceedings of the 18th International Conference on Water Jetting, Gdansk, Poland, 13-15 September 2006. 2006. 251-264*

[3]. *Babu, M.K., Chetty, O.V.K. A study on recycling of abrasives in abrasive water jet machining. Wear 254, 2003, 763-773.*

[4]. <http://tpc-incom.ru/pages/kupershlak/>

[5]. <http://daka1.ru/publikatsii/nikelshlak-ili-kupershlak-kakoj-abrazivnyj-material-vybrat.html>

[6]. *Барсуков Г.В., Журавлева Т.А и др. Изучение влияния морфологии абразивных частиц медного шлака на скорость и глубину гидроабразивного резания для создания нового абразива повышенной прочности // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2022. – № 1(351). – С. 86-93.*

Журавлева Татьяна Александровна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: zhuravleva_tatiana@mail.ru

Моргунова Надежда Леонидовна – доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: 1m-kf.mgtu@inbox.ru kovalevanadezhda@bk.ru

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГОТОВКИ ТИПА «ПЛИТА»

Одной из главных задач, стоящих в современном машиностроении, является задача оптимизации технологического процесса производства детали. Для решения этого вопроса анализируются методы изготовления заготовок, маршрут обработки детали, сама деталь, ее технологичность, оборудование, инструмент и множество других факторов.

Анализ методов изготовления детали:

Метод	Достоинства	Недостатки
Литье	Невысокая стоимость Универсальность Неограниченное количество форм Возможность отливать металлы, сложно поддающиеся резанию	Высокий расход материала Крупные припуски Сложность и дороговизна получения сложных форм заготовки
Штамповка	Высокая производительность Возможность создания элементов со сложной конфигурацией Экономичность (по сравнению с литьем) Возможность автоматизации процесса	Необходимость в индивидуальной матрице Дороговизна эксплуатации Ограничение по массе Необходимость покупки специального мощного оборудования
Ковка	Применяют для изготовления ответственных деталей	Использование в серийном и массовом производстве зачастую нерационально Низкая производительность Большие припуски
Точная вырубка	Небольшие затраты Возможность автоматизации	Подходит только для плоских деталей из листового проката
Прессование	Низкие потери при формировании заготовки	Ограниченный выбор материала
Резка (гидроабразивная)	Возможность обработки металла любой толщины Подходит для любых металлов Возможность обработки сложной формы Высокая производительность Универсальность	Дороговизна оборудования
Прокат	Наиболее популярный метод получения заготовок (после литья) Как правило, КИМ выше, чем при поковке Зачастую выгоднее специальных методов получения точных заготовок	Масса заготовки зачастую больше, чем в поковке
Сварка	Получение заготовок из различных материалов	Высокий нагрев материала зачастую изменяет структуру металла
Комбинированный метод	Возможность получения заготовки сложной формы или из разных материалов Применение 2 или более методов	Дороговизна Применяется в исключительных случаях

Зачастую выбор метода обработки производят на основе следующих факторов: технологические свойства металла, форма и размеры детали, особые требования к детали или материалу детали, объем выпуска и тип производства

Так как у нас деталь типа «Плита» с небольшими габаритными размерами из стали, то следует рассмотреть наиболее дешевый метод получения заготовки – прокат, так как для штамповки иковки потребуются дорогостоящее оборудование, а для штамповки следует разработать отдельную технологию изготовления, что усложняет техпроцесс. Стоит выбрать прокат и по следующим причинам: форма заготовки типа «Плита», отсутствуют особые требования к прочности детали или физико-механическим свойствам материала, тип производства – серийный, (в единичном типе наиболее часто выбирают заготовки простой формы с большими припусками, а в массовом применяют специальные методы получения высокоточных заготовок с минимальными припусками). Дополнительно прокат следует обработать резанием

Анализ видов обработки заготовки

Так как в предыдущем пункте мы выбрали прокат, то, изучив ГОСТ 19903-2015, был выбран наиболее оптимальный вид сортового проката Б-ПН-О-50x2000x3000 ГОСТ 19903-2015/ 45 ГОСТ 1577-93 с габаритными размерами 50x2000x3000. Так как размеры проката во много раз превосходят размеры детали (45x108x204), следует выбрать вид обработки заготовки таким образом, чтобы минимизировать время обработки и потери материала

Следует понимать, что не каждое оборудование обладает столом, позволяющим поместить на него заготовку с размерами 50x2000x3000, что также осложняет выбор метода

По данным критериям подходят только фрезерная обработка и гидроабразивная или лазерная обработка, так как остальные методы недостаточно производительны или предназначены не для этого (как протягивание, например)

Следует выбрать гидроабразивную резку по следующим причинам:

- Фрезерная обработка займет больше времени и будет снимать больше материала;
- Возможность обработки любых материалов (лазером невозможно обработать титан, стекло, кожу и др.);
- Отсутствие ограничений на толщину обрабатываемого изделия (лазерной резке в основном подвергают тонкостенные детали);
- Отсутствие больших температур в зоне резания (водяная струя выступает одновременно как режущий и охлаждающий инструмент);
- Отсутствие необходимости в дополнительной обработке (после лазерной обработки образуется наплавка, которую необходимо убирать);
- Гидроабразивные станки не выделяют в атмосферу различных опасных газов и безопасны для человека (большинство лазерных станков используют в процессе резания различные газы (кислород, азот, воздух, инертные газы), что может быть опасно для человека);
- Экономическая эффективность. При толщине водяной струи порядка 0.01 мм на предприятии уменьшается расход материала (в том числе

стружки, самостоятельно покидающей зону резания), так как становится возможно резать заготовки максимально близко друг к другу.

Таким образом, делаем вывод, что наиболее подходящий вид обработки заготовки – гидроабразивная резка сортового проката. Для обработки можно будет взять гидроабразивный станок с ЧПУ ProCut 2060-ТКТ50 с максимальным перемещением по осям 220x2050x3050, что подходит для обработки проката целиком.

Список литературы

- [1]. Овчинников В.В. – Основы теории сварки и резки металлов. Учебник / В.В. Овчинников. – М.: КноРус, 2018
- [2]. Оришич, АМ. Актуальные проблемы физики лазерной резки металлов / АМ. Оришич. – М.: Сибирское отделение РАН, 2012
- [3]. Багдасарова Т.А. Основы резания металлов / Т.А. Багдасарова – М.: Академия, 2012
- [4]. Вяткин АГ., Левин АД., Определение рациональной области применения лазерной резки и координатной штамповки. Главный механик. 2018;5.

Кривов Александр Владимирович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана
E-mail: krivovav@student.bmstu.ru

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ШЛИЦЕВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Во время изготовления детали для удаления излишков материала необходимы различные операции и процессы механической обработки. Операции механической обработки могут выполняться на заготовках, таких как прутки и плоские заготовки, или на деталях различными режущими лезвийными или абразивными инструментами. В зависимости от того, какая поверхность обрабатывается, выбирают метод обработки, от которого зависит трудоемкость, стоимость, точность, режимы резания и другие факторы. Именно от рациональности выбранного метода будет зависеть как быстро, а главное точно будет изготовлена деталь.

Шлицевые поверхности используются в машиностроении для посадок с натягом или зазором деталей различного назначения, которые служат для сообщения большого крутящего момента в различных деталях. Методы обработки шлицевых поверхностей разнообразны, наиболее распространенными из которых являются:

- Шлицефрезерование
- Шлицестрогание
- Шлицепротягивание
- Шлиценакатывание
- Шлицешлифование

Методы обработки шлицевых соединений также зависят от ряда факторов, таких как форма профиля шлицев (прямобочная, эвольвентная и треугольная), способа центрирования шлицевого соединения, вида термообработки и серийности производства. На шлицевые соединения устанавливают жесткие нормы точности и технические условия.

Ниже подробно рассмотрены методы обработки шлицевых соединений.

Шлицефрезерование. Метод шлицефрезерования включает в себя различные способы обработки, из которых наиболее распространены:

- 1) Формообразование фрезерованием обкаткой червячными фрезами специального назначения;
- 2) Формообразование дисковыми фрезами, а также фрезами фасонного профиля.

Процесс обработки в обоих случаях осуществляется на станках шлицефрезерной и зубофрезерной группы. При фрезерование обкаткой червячной фрезой специального назначения получают прямобочный и эвольвентный. Инструмент для получения профиля шлицев в данном методе обработки червячная фреза, обладает идентичным профилем со шлицами [1].

Такой метод является трудоемким, но несмотря на это одним из точных и практически самых производительных методов. Количество рабочих ходов выбирается в соответствии с заданной точностью обработки. Для окончательной обработки применяется режущий инструмент, классифицирующийся степенью А, АА.

Рассмотрим второй способ изготовления шлицевой поверхности - фрезерование дисковыми фрезами, а также фрезами фасонного профиля. Черновое фрезе-

рование лучше всего выполнять фасонными дисковыми фрезами, но данный метод применяется редко из-за трудности изготовления инструмента. Форма профиля фрезы идентична форме шлицев.

Для удешевления способа обработки используются дисковые фрезы, однако они обладают меньшей эффективностью. Повышение производительности происходит за счет установки на одной оправке 2 – 3 фрез и одновременной обработки шлицев в соответствующем количестве деталей [2].

При фрезеровании дисковыми фрезами на окончательной операции достигается шероховатость полученной поверхности и боковых сторон около $Ra = 1,6$ мкм и высокая точность самого шлицевого зацепления.

Шлицестрогание. Данный метод широко применяется для получения как сквозных, так и не сквозных шлицев, имеющих выход под инструмент в виде канавки. Обработка производится на строгальных станках многорезцовыми головками, профиль которых соответствует профилю получаемых шлицев [2].

Количество таких резцов зависит от количества шлицев. Поверхность обрабатывается за две операции: черновую обработку, которая осуществляется с использованием твердосплавных резцов с большими подачами; чистовую обработку резцами из быстрорежущей стали.

Чтобы получить несквозные шлицы строганием в оборудовании учтен быстрый отвод головки на заранее необходимую длину участка. Также оборудование этой группы дает возможность вести обработку шлицев непосредственно как на протяжении всей длины, так и с выходом на поверхность наружного диаметра.

При шлицестрогании удается достичь шероховатость поверхности $Ra = 0,8 \dots 3,2$ мкм, в то же время процесс является высокопроизводительным.

Шлицепротягивание. Протягивание является распространенным методом для получения шлицевых поверхностей. Данный способ позволяет обрабатывать детали диаметром до 420 мм, не теряя высокую точность и производительность. Для одновременной обработки шлицев на детали используют блочную сборную протяжку [1].

Необходимая глубина впадины получается удалением слоев металла заготовки за один или более проходов, поворачиваясь после одного прошедшего хода на угол α . Комплект блочной протяжки содержит в себе резцы – зубья, имеющие свободное перемещение при движении в радиальном направлении. Зубья на инструменте затачиваются комплексно и устанавливаются в модульное устройство со специальной конструкцией.

Каждый резец имеет возможность перемещения по копиру, для протягивания несквозных впадин. Блочные протяжки дают возможность радиальному перемещению каждого зуба инструмента независимо друг от друга. Данный метод эффективен при обработке длинных заготовок.

Шероховатость при протягивании составляет $Ra = 0,8 \dots 1,6$ мкм с классом точности от первого до третьего.

Шлиценакатывание. Зачастую для получения шлицевой поверхности на изделия типа вал используют метод под названием накатывание. Метод накатывания делится на несколько видов, ниже представлены некоторые из них.

Рассмотрим метод холодного накатывания, его преимущество обусловлено тем, что изделие может не подвергаться термообработке и механической обработке после накатывания. Инструментом для накатывания служит накатная головка, состоящая из 2-3 роликов. Также в качестве инструмента используют рейки, многороликовые головки [1].

Формирование шлицев производится одновременно, один и тот же ролик может быть использован при обработке заготовок с разным количеством шлицев. Суть данного метода основывается на том, что накатная головка перемещается по поверхности изделия, и ролики, находящиеся в головке без труда, вдавливаются в обрабатываемую поверхность. Многороликовыми головками можно обрабатывать только одну форму и размер шлицев, следовательно, придется затратить время на переналадку.

Шероховатость обработанной поверхности достигает $Ra = 0,16 \dots 2,5$ мкм.

Относительно новым является такой метод, как ударное накатывание шлицев на валах вращающимися роликовыми головками. Профиль шлицевой поверхности получается за счет неоднократных ударов роликов по вращающейся и движущейся вдоль своей оси детали. В каждой накатной головке устанавливается либо один ролик с балансиром, либо несколько расположенных на равном расстоянии по окружности. От числа роликов зависит производительность, и чем их больше, тем скорость обработки выше. Качество поверхности, обработанной таким методом намного лучше, чем при фрезеровании.

Шероховатость можно достичь в пределах $Ra = 0,63 \dots 1,25$ мкм.

Ещё одним высокопроизводительным способом получения шлицев является метод накатывания плоскими рейками. Инструмент состоит из трёх основных частей: заборная, калибрующая и участок разгрузки.

Получаемый профиль на заготовке основывается на движении двух реек на полную глубину, которые имеет возвратно – поступательное перемещение по касательной к детали, вращающейся под действием деформирующих сил.

Накатывание производится за один рабочий ход, что производительнее обработки роликами, однако из-за возникновения больших сил в процессе обработки этот метод не рекомендуется для получения шлицев модулем больше 2 – 3 мм и длиной от 80 до 100 мм.

Шлицешлифование. Операции шлифования шлицев выполняют окончательно вслед за операцией термообработки и тем самым получают необходимый квалитет точности поверхности с шероховатостью до $Ra = 0,8$ мкм с отклонением при центрируемом диаметре в пределах 7 – 8 квалитета [3].

Шлифование цилиндрической детали со шлицевой поверхностью производится копировальным методом, который заключается в переносе формы контактной рабочей кромки на соответствующий профиль шлицев детали.

Шлифование осуществляется по внутреннему диаметру и прилегающим боковым сторонам шлица на специальных шлицешлифовальных станках, а также

является наиболее производительным из остальных методов шлицевшлифования, такиз как: одновременное и раздельное шлифование прилегающих сторон и впадины шлицев.

Благодаря такому способу обработки значительно облегчается настройка и поднастройка станка, гарантируется точное расположение относительно друг друга боковых сторон шлицев и дна впадины. В ходе обработки профиль шлифовального круга имеет более долгую износостойкость, по сравнению с другими методами отделки.

Исходя из выше рассмотренных методов получения шлицевых поверхностей, можно сделать вывод, что технологический процесс изготовления шлицев зависит от того, какой принят способ центрирования, необходимой шероховатости поверхности и типа производства

Список литературы

[1]. Сидоренко, М.И. ФОРМИРОВАНИЕ ШЛИЦЕВ НА ВАЛАХ МЕТОДОМ НАКАТКИ / М.И. Сидоренко // Наука и техника – 2012. – № 4. – С. 7-12. – ISSN 2227-1031. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система – URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/293713> (дата обращения: 06.12.2022).

[2]. Технологические процессы механической и физико-химической обработки в машиностроении: учебное пособие / В. Ф. Безъязычный, В. Н. Крылов, Ю. К. Чарковский, Е. В. Шилков. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 432 с. – ISBN 978-5-8114-2118-3. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система – URL: <https://e.lanbook.com/book/209900> (дата обращения: 07.12.2022).

[3]. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. – Т. 1/ под ред. АГ. Косиловой, Р. К. Мещерикова – 4-е изд. – М.: Машиностроение, 1986.

Денисова Дарья Сергеевна – студентка КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: denisovadaria@yandex.ru

ОБРАБОТКА ПАКЕТА ЛИСТОВЫХ-ЗАГОТОВОК НА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ ПРОВОЛОЧНО-ВЫРЕЗНЫХ СТАНКАХ

При вырезке на эрозионном проволочном оборудовании листовых заготовок, собранных в пакет, наблюдается нестабильность процесса обработки, вызванная наличием зазора между заготовками. Продолжительная работа в таких условиях интенсивно изнашивает электрод-проволоку, что приводит к ее обрыву. До вырезки на эрозионном оборудовании листовые заготовки проходят ряд технологических операций для уменьшения этого зазора, такие как рихтовка и плоское шлифование [1].

Найдя способ обработки листовых заготовок, собранных в пакет без применения подготовительных технологических операций можно сократить трудоемкость технологического процесса, уменьшить время на изготовления изделия, сохранив качество получаемых деталей.

Целью работы является поиск оптимального способа сборки листовых заготовок для осуществления процесса резки на эрозионном проволочном оборудовании.

Пакетная обработка проволочным ЭЭ методом. Принцип пакетной резки заключается в одновременной обработке по заданному контуру нескольких листов, которые были предварительно собраны в единый пакет. Такой способ повышает производительность и снижает себестоимость готовой детали [5].

Большое значение для обеспечения точности пакетной резки имеет подготовка листов и правильная сборка пакета

Листы, предназначенные для пакетной резки, рихтуются, очищаются от грязи, ржавчины и окалины. Особое внимание уделяется состоянию кромок заготовок, так как для обеспечения плотного прилегания листов друг к другу должны отсутствовать загибы, зазубрины и крупные заусенцы.

Еще одним параметром, влияющим на точность при обработке пакетированных заготовок, является выбор места начала врезания проволоки. При неправильно разработанной технологии врезания проволоки может быть нарушена жесткость собранных листов, что повлечет за собой образование прогиба В связи с этим, при обработке внутренних контуров резку начинают с выполненных заранее отверстий. При вырезании наружных контуров обработку начинают либо с таких же отверстий, расположенных ближе к кромке детали, либо непосредственно с внешней стороны детали, но обеспечив при этом дополнительное фиксацию листовых заготовок между собой и столом станка

Сравнение видов пакетов заготовок. Известно, что при обработке на электроэрозионных станках проволочного действия листовых заготовок, собранных в пакет и при величине зазора между листами свыше 0,5 мм в зоне обработки скапливается воздух, который препятствует нормальному протеканию процесса электроэрозионной обработки. Также влияние оказывает и количество листов, которые были собраны в пакет [1] (рис.1).

Например, по ГОСТ 19903-2015 прокат листовой горячекатаный начиная с толщины листа от 4 мм имеет допуск равный или более 0,5 мм, поэтому приоритетом перед сборкой является рихтовка

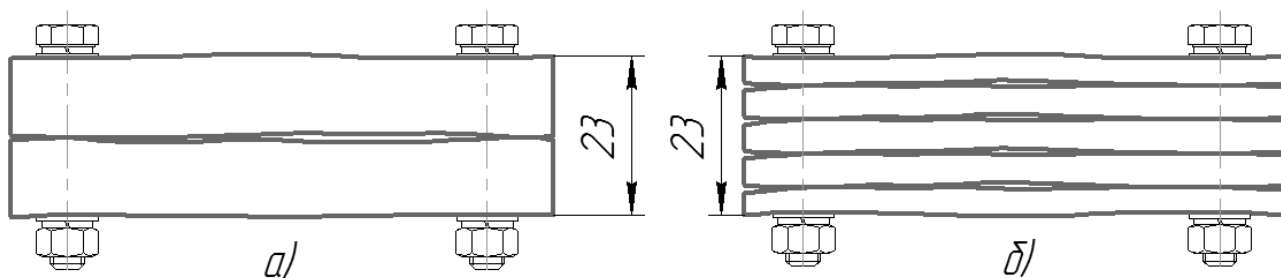


Рис. 1. Количество заготовок в пакете

Пакеты заготовок рис.1а и рис.1б имеют одинаковую высоту, но в первом случае пакет состоит из двух листов большей ширины, во втором случае пакет собран из 5 листов.

В обоих случаях величина зазора может быть невелика и эрозионная обработка возможна, однако в случае второго пакета воздух с нижних зазоров будет постепенно подниматься выше и скапливаться в верхних слоях. Из-за таких скоплений на обрабатываемой поверхности и проволоке появляется нагар в верхних зазорах и к моменту прохождения проволоки на последних зазорах под силой натяжения и температуры инструмент не выдерживает, следовательно, нужно стремиться к минимизации суммарного зазора и соответственно к оптимальному количеству листов в одном пакете.

В случае, когда требуется обработать множество тонкостенных деталей, как на рисунке 2 рационально использовать пакеты листовых заготовок со значительным их количеством, что требует дополнительного прижима заготовок между собой.

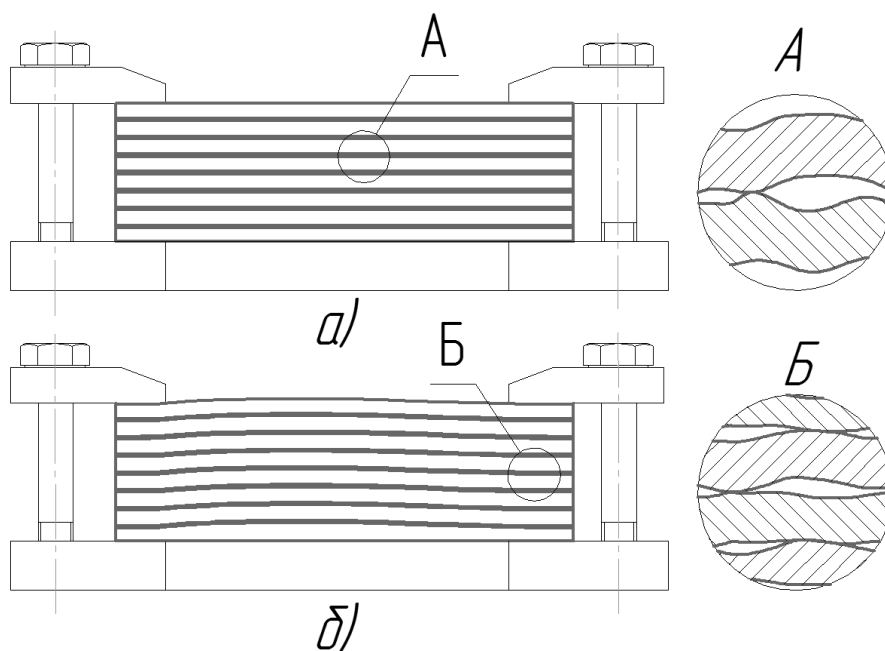


Рис. 2. Пакет с тонкостенными листами

До приложения сил (рис.2а) заготовки имеют большой зазор, а после их сжатия в зоне прихватов (рис.2б) зазор уменьшается, но из-за неравномерной нагрузки листы деформируются и изгибаются, что может привести к увеличению зазора в середине пакета. Решением в этом случае является использование дополнительных пластин, толщина которых значительно превышает обрабатываемые (рис. 3). Верхняя и нижняя пластина распределяют нагрузку более равномерно по всей плоскости, не давая заготовкам деформироваться.

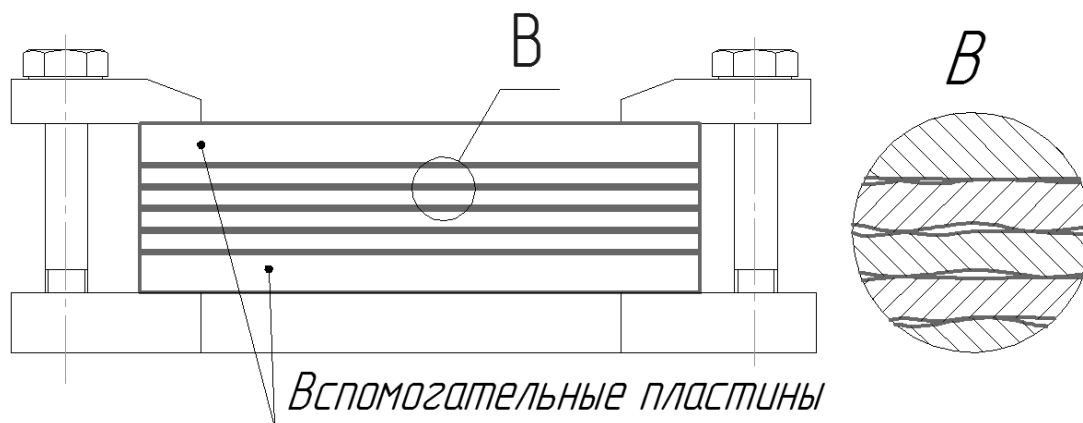


Рис. 3. Прижимной лист

Из-за сильного влияния на стабильность процесса электроэрозионной обработки необходимо стремиться к уменьшению зазора, а одним из путей уменьшения зазора без дополнительной механической обработки является рациональный подход к сборке пакета на основе габаритных размеров, толщины и количества листов.

Список литературы

[1]. *Абляз Т.Р.* Анализ состояния вопроса пакетной резки материалов методом проволочно-вырезной электроэрозионной обработки // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-1. ;URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?Id=20549>.

[2]. *Фотеев, Н.К.* Технология электроэрозионной обработки. – М.а: Машиностроение, 1980. – 180 с.

[3]. *Серебренницкий П.П.* Современные электроэрозионные технологии и оборудование: Учебное пособие. – 2-е изд., доп. и перераб. – СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 352 с.: ил.

[4]. *Сьянов С. Ю.* Технологическое обеспечение качества поверхностного слоя деталей при электроэрозионной обработке : диссертация ... кандидата технических наук : 05.02.08.- Брянск, 2002.- 166 с.: ил. РГБ ОД, 61 03-5/1452-0

[5]. *Абляз, Т. Р.* Современные подходы к технологии электроэрозионной обработки материалов : учебное пособие / Т. Р. Абляз, А. М. Ханов, О. Г. Хурматуллин. – Пермь : ПНИПУ, 2012. – 121 с. – ISBN 978-5-398-00762-6. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система – URL: <https://e.lanbook.com/book/160269>.

[6]. *Иванов В.А, Абляз Т.Р. Электроэрозионная обработка деталей сложного профиля, собранных в единый пакет // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2.*

Антипин Владислав Александрович – студент МК1-41М, Магистр КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: vladantipin.moy@gmail.com

УЧЕТ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ НОМЕНКЛАТУРЫ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ВЫБОРА КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОБОРУДОВАНИЯ ГПС МЕХАНООБРАБОТКИ

Аннотация

Целью работы является разработка информационной модели и формализованной процедуры, позволяющей определить необходимые и достаточные технологические требования для выбора основного технологического оборудования (ОТО) в условиях неопределенности базовой номенклатуры. Выбор осуществляется по классификационным признакам и ориентирован на использование профессиональных источников информации (баз данных) по оборудованию.

Поэтапное обобщение и группирование конструкторско - технологических элементов (КТЭ) по выделенным признакам, представленным в статье, позволяет сформулировать из множества вероятных вариантов номенклатуры продукции необходимые параметры для выбора конкретного ОТО. Для реализации метода вариации параметров номенклатуры вводятся определения "обобщенной операция" и "пакет операций". Приведены параметры группирования для формирования этих операций в процессе построения модели базовой номенклатуры. Показан пример варианта запроса (обращения) к базе данных оборудования для выбора конкретного станка

Проектирование многономенклатурного компьютерно - интегрированного производства (КИП) или ранее широко использовавшееся наименование - гибкие производственные системы (ГПС) является сложной научно-технической задачей на стыке нескольких инженерных и экономических областей. Постановка задачи проектирования, формирование "базового" портфеля заказов и принципиальные условия организации и управления будущим производством относятся к области экономики - маркетинг, бизнес-проектирование, менеджмент. Собственно проектирование и техническое воплощение ГПС, реализующей сформулированные экономическим блоком технические задания (ТЗ) - это инженерная проблематика. Наибольшую сложность представляет создание производств, ориентированных на постоянно изменяющиеся параметры базовой номенклатуры выпускаемой продукции, которые на начальных этапах проектирования задаются некоторыми предельными величинами, определяющими эффективность (экономику) "начального" бизнес-проекта

Определенное противоречие заключается в следующем. Для формирования технической системы ГПС - выбор основного технологического оборудования (ОТО) и технологического оснащения, средств информационной и технической интеграции производственного процесса, средств и систем управления производственным процессом различных уровней и другие - требуются "детерминированные" данные, а именно величины минимальных, средних, максимальных значений и т.п. для выбора соответствующих элементов и систем ГПС. В то же время реальное многономенклатурное производство характеризуется значительной неопределенностью параметров, на основании которых собственно и создается произ-

водственная система [1]. В лучшем случае (если существует соответствующая статистика наблюдений) некоторые параметры можно описать вероятностными методами или методом аналогий. Однако такой подход не позволяет "описать" всю планируемую номенклатуру в целом, в том числе на будущий период, не говоря уже о вариантах календарных заданий (вплоть до сменно-суточных) с учетом возможных изменений в производстве, таких как отказы оборудования, брак, отсутствие персонала и т.п. В худшем случае невозможность учета еще на стадии проектирования подобных вероятных изменений и производственных ситуаций может привести к "провалу" в реализации бизнес-плана, а все заложенные технические решения окажутся просто законсервированным имуществом на балансе предприятия.

Рассматриваемую проблему можно сформулировать следующим образом:

В каком виде должны быть представлены (заданы) исходные данные для выбора оборудования ГПС описывающие с одной стороны характеристики (параметры) базовой номенклатуры в системе управления жизненным циклом (СУЖЦ) планируемых к выпуску изделий (экономический блок), а с другой стороны позволяющие сформировать требования по выбору состава оборудования ГПС (инженерный блок).

На начальном этапе задания на проектирование ГПС в системе СУЖЦ можно рассчитывать на получение комплекта конструкторско-технологической документации на базовую номенклатуру (3D-модели и/или чертежи), а также данные по общей программе выпуска (как правило годовой) и ориентировочными данными по графику запуска-выпуска конечной продукции.

Для формирования качественного (по видам и моделям ОТО) и тем более - количественного состава оборудования ГПС этого не достаточно. Пока не определено на каком конкретно оборудовании (станке) будет выполняться каждая операция выбранного маршрутного технологического процесса невозможно получить достоверную оценку соответствующего времени обработки (включая подготовительно-заключительное). Соответственно невозможно корректно скалькулировать затраты на изготовление как отдельных деталей, так и изделия в целом. К этому надо добавить что и маршрутный технологический процесс также должен быть предварительно выбран (спроектирован) на основе информации о составе ОТО - задача становится еще более сложной. Значит сначала необходимо определиться с качественным составом станочного оборудования ГПС чтобы можно было корректно продолжить анализ и построение окончательного (проектного) состава оборудования производственной системы.

В этой связи авторами предлагается **итерационный метод на основе моделирования параметров базовой номенклатуры для выбора элементов технической системы ГПС**. Для этого разработана информационная модель и формализованная процедура, позволяющая определить необходимые и достаточные технологические требования для выбора основного технологического оборудования в условиях неопределенности базовой номенклатуры. Методика ориентирована на применение программного обеспечения системы решения задач синтеза конфигурации CMSolver, разработанной на кафедре "Компьютерные системы автоматизации производств" (РК9) МГТУ им. Н.Э.Баумана [2, 3].

Построение модели

Каждый компонент исходной номенклатуры необходимо декомпозировать по принципу последовательных укрупненных операций формообразования что соответствует (характеризует) типы станочного оборудования [4]. Для этого можно использовать библиотеки базовых технологических процессов и/или материалы, обобщающие накопленный опыт профильного производства. По сути такое описание представляет собой вариацию вариантов формообразования или изменения свойств элементов поверхности для последующего выбора ОТО ГПС.

Первый этап.

На множестве конструкторско - технологических элементов (КТЭ) представленных в документации необходимо определить следующие параметры, характеризующие базовую номенклатуру:

- габариты заготовок;
- конфигурации заготовок для деталей по классификации [5];
- категории групповых наладок, возможных к использованию на ОТО [6-9].

Для упрощения процедуры формирования модели номенклатуры базового заказа выделим группы КТЭ по видам требуемых технологических операций для их выполнения [10].

Первая – стандартные технологические операции и процессы.

Эта группа характеризуется использованием стандартных инструментов, приспособлений (например УСП), режимов обработки. Кроме того операции на технологической позиции выполняются за один установ.

При описании параметров исходной номенклатуры можно оперировать не только отдельными технологическими операциями и/или переходами, но и **стандартными циклами обработки**. Более того - определенными **совокупностями циклов**, если в составе "наработанных" производственных (технологических) процессов (ТП) уже существуют отлаженные и часто используемые "сборки". Под "**сборкой**" будем понимать отработанные решения - инструменты, приспособления, полуфабрикаты, управляющие программы и др. - позволяющие выполнить законченный цикл обработки на оборудовании. Такие "сборки" позволяют осуществить определенную часть технологического (производственного) процесса на одной отдельной позиции, при этом известно и время выполнения такого перехода или известна функция времени. В качестве параметров функции времени могут выступать - габариты, характеристики материала обрабатываемого полуфабриката, требования по шероховатости и т.п.

Отметим что такой подход особенно важен при подборе нового оборудования в задачах реинжиниринга [1], если разработчик считает имеющиеся ТП "сборок" эффективными и заслуживающими сохранения при последующей эксплуатации ГПС.

Для первой группы с точки зрения используемого ОТО характерны следующие требования:

- обеспечиваемые качества на обработку в диапазоне от 7-го и выше;
- обеспечиваемые характеристики шероховатости поверхности Ra не ниже 3,2 для токарно-фрезерной группы операций и не ниже 0,4 для шлифовальной;

Вторая группа – операции требующие разработки каких либо элементов системы СПИД (Станок-Приспособление- Инструмент-Деталь).

Для этой группы с точки зрения используемого ОТО характерны следующие технологические признаки:

- обеспечиваемые качества на обработку в диапазоне до 7-го;
- обеспечиваемые характеристики шероховатости поверхности Ra не выше 3,2 для токарно-фрезерной группы операций и не выше 0,4 для шлифовальной.

Третья группа – специальные технологические операции и процессы.

Эта группа как правило включает выносные операции маршрутного технологического процесса, такие как термообработка, слесарная обработка, покрытия, контрольные операции ОТК и т.п.

Для реконструируемых производств (задачи реинжиниринга) это могут быть технологические операции на непрофильном оборудовании, например электроэрозия, электрохимия, хонингование и др.

Важно: такое группирование позволяет осуществить процесс выбора оборудования производственной системы «от простого к сложному», постепенно «наращивая» производственно-технологический потенциал системы в целом. При этом имеется возможность отслеживать ограничения проекта такие как лимитная стоимость, ограничения по персоналу, арендуемым площадям и т.п.

Осуществив предварительное группирование КТЭ деталей (или процессов) базовой номенклатуры можно перейти непосредственно к этапам выбора оборудования ГПС.

Второй этап

"Пространство" выбора современного оборудования чрезвычайно велико, поскольку на рынке представлено не только новое технологическое оборудование, но и станки бывшие в эксплуатации, но прошедшие модернизацию и оснащенные дополнительным оборудованием, например на сайтах stanki.ru, mashinform.ru, stanki-katalog.ru и многих других.

На втором этапе рассматриваемого итерационного метода предлагается систематизировать входную технологическую информацию на основе унификации представления элементов производственно-технологического процесса, а именно – «**Технологическая Позиция**» (ТПо). Производственный процесс в этом случае описывается обобщенными операциями, то есть последовательностью технологических позиций для их выполнения. В этом случае производственная программа моделируется интенсивностью частот переходов по ТПо (единиц ТПо / единиц времени) [11].

Определение: Обобщенная операция (ООп) - это

виды работ, объединенные по определенным признакам, в частности для машиностроения:

- габариты заготовки по классификации;
- конфигурация заготовки по классификации;
- признак принадлежности к технологической группе материала (в состоянии поставки; значение единиц твердости HCD; YHRA; HB; HRC; HV);
- размеры обрабатываемой поверхности;
- ориентация обрабатываемой поверхности относительно предполагаемой схемы обработки станка;
- категория групповой наладки по классификации;

- бинарное значение требуемой мощности станка (0 или 1 - повышенная мощность);

- бинарное значение требования высокоскоростной обработки (0 или 1 - повышенная скорость обработки);

Важно: все указанные признаки задаются в обязательном порядке в процессе анализа базовой номенклатуры на первом этапе.

В результате удастся представить анализируемую номенклатуру в виде **модели производственного заказа**, а именно множеством соответствующих векторов требуемых ТПо. Рассмотрим этот процесс подробнее.

Важно: Базовая номенклатура включает все множество вариантов деталей, детали-представителей и т.п. (далее детали базовой номенклатуры или ДБНо), задаваемых при формировании ТЗ на проектирование ГПС.

Если базовая номенклатура $B = \{b_i, i = 1, \dots, M\}$, где M - количество деталей в базовой номенклатуре, тогда с учетом проведенного на первом этапе укрупненного группирования деталей базовой номенклатуры можно записать:

$B = K \cup \Pi \cup ТВ \cup У \cup \dots$, где

$K = \{k_i, i = 1, \dots, M_k\}$ - корпусные,

$\Pi = \{p_i, i = 1, \dots, M_\Pi\}$ - плоскостные,

$ТВ = \{t_i, i = 1, \dots, M_{ТВ}\}$ - тела вращения,

$ЗУ = \{y_i, i = 1, \dots, M_y\}$ - тела вращения с элементами зубчатого зацепления,

...

$M_k, M_\Pi, M_{ТВ}, M_y$ - соответствующие количества ДБНо по группам.

По каждой выделенной группе строим вектора обобщенных операций (см. выше).

Компоненты вектора группируются в конструктивно-технологические группы (КТГ) по признаку принадлежности к одному групповому технологическому процессу (ГТП).

$K = \{k_i, i = 1, \dots, M_k\} \Rightarrow$ группирование $\Rightarrow K = \{k_i, i = 1, \dots, I_k\}$,

$\Pi = \{p_i, i = 1, \dots, M_\Pi\} \Rightarrow$ группирование $\Rightarrow \Pi = \{p_i, i = 1, \dots, I_\Pi\}$,

$ТВ = \{t_i, i = 1, \dots, M_{ТВ}\} \Rightarrow$ группирование $\Rightarrow ТВ = \{t_i, i = 1, \dots, I_{ТВ}\}$,

$ЗУ = \{y_i, i = 1, \dots, M_y\} \Rightarrow$ группирование $\Rightarrow У = \{y_i, i = 1, \dots, I_y\}$,

...

$I_k, I_\Pi, I_{ТВ}, I_y$ - соответствующие количества ТПо по группам, причем в общем случае $I_k \ll M_k, I_\Pi \ll M_\Pi, I_{ТВ} \ll M_{ТВ}, I_y \ll M_y$.

Каждая группа описывает определенную **вариацию** - подмножество деталей обладающих общими конструктивно-технологическими признаками, указанными выше, а именно - каждой конструктивно-технологической группе вектора соответствуют ряд общих для всех элементов группы параметров $(P(d_i), P(i) = \{p_{ki}, k = 1, \dots, K\}$ такие как:

1. Класс детали (например, тело вращения, корпусная, плоскостная и т.п.);

2. Тип заготовки (например, прокат, литье, штамповка);

3. Максимальная масса заготовки;

4. Максимальные габаритные размеры заготовки;

5. Способ закрепления заготовки (например, в центрах, по наружной поверхности, на оправку, по плоскости, в призмах и др.);

.....

Конструктивно-технологическая группа (КТГ) содержит ряд технологических позиций, соответствующих обрабатываемым элементам детали - $ТПо(i) = \{t_{ij}, i=1, \dots, I, j=1, \dots, J\}$.

Каждая технологическая позиция (ТПо) содержит ряд параметров $R(ij)$ из множества допустимых $R(ij) \in R$, необходимых для последующего выбора оборудования для обработки соответствующего конструктивно-технологического элемента детали.

$$R(ij) = \{r_{hij}, h = 1, \dots, H, i = 1, \dots, I, j = 1, \dots, J\}$$

Например, к таким параметрам могут относиться следующие:

1. Тип конструктивного элемента (например, поверхность цилиндрическая наружная, наклонная поверхность и т.п.);
2. Размерная точность поверхности после чистовой обработки;
3. Требуемая шероховатость поверхности;
4. Диапазон диаметров(ширины) поверхности;
5. Диапазон длин поверхности;
6. Бинарное значение требуемой мощности привода станка;
7. Характеристика твердости поверхности;

....

Итог этапа: Базовая номенклатура представляется матрицей обобщенных операций (МОо), где по столбцам (i) выделены группы ДБНо в соответствии с заданными признаками, а по строкам (j) - набор соответствующих ТПо, обеспечивающих их производство (изготовление):

$$МОо = \{m_{ij}, i=1, \dots, Iг, j=1, \dots, Jтпо\}$$

Важно: Полученная матрица МОо представляет собой вариацию параметров базовой номенклатуры поскольку включает (описывает) все возможные варианты деталей по совокупности КТЭ.

В общем (и самом сложном случае) размерность матрицы МОо может оказаться слишком велика для подбора необходимого ОТО для выделенных технологических позиций (ТПо). Поэтому необходимо выполнить методически похожую процедуру - построить **матрицу пакетов операций** - МПо, обобщающую доступную информацию предыдущих этапов и позволяющую уменьшить размерность решения.

Определение: Пакет операций (ПОп)-это

обобщенные операции, объединенные по определенным признакам, в частности для машиностроения это:

- возможность выполнения операций с одного установка на станке (концентрация операций);
- признак принадлежности к технологической группе материала (в состоянии поставки ед. НСD; УНРА; НВ; НРС; НV);
- габариты заготовки по классификации;
- конфигурация заготовки по классификации;
- размеры обрабатываемой поверхности;
- ориентация обрабатываемой поверхности относительно предполагаемой схемы обработки станка;
- категория групповой наладки по классификации;
- бинарное значение требуемой мощности станка (0 или 1);

- бинарное значение требования высокоскоростной обработки (0 или 1).

Для построения матрицы пакетов операций осуществляется группирование по строкам матрицы МОО с учетом признаков заявленных для формирования пакетов операций.

Важно: Каждый элемент полученной матрицы МПО характеризуется набором признаков, **достаточных** для осуществления выбора соответствующего ОТО из любой доступной профессиональной базы данных по оборудованию соответствующего назначения.

Полученную матрицу МПО можно преобразовать в векторную форму:

$$C = \{c_z, z = 1, \dots, Z, Z = I * J\}$$

Размерность этого вектора равна множеству всех ТПО для всех ранее рассмотренных групп деталей.

Для синтеза производственной структуры ГПС необходимо для каждой ТПО назначить необходимые средства - ОТО. Каждая выбранная в процессе реализации методики ТПО содержит необходимый ряд параметров конфигурации, являющихся управляемыми переменными для решаемой задачи - выбора ОТО из доступных баз данных. Ниже представлен пример фрагмента описания ТПО_i и ОТО_j в промышленной базе данных по оборудованию.

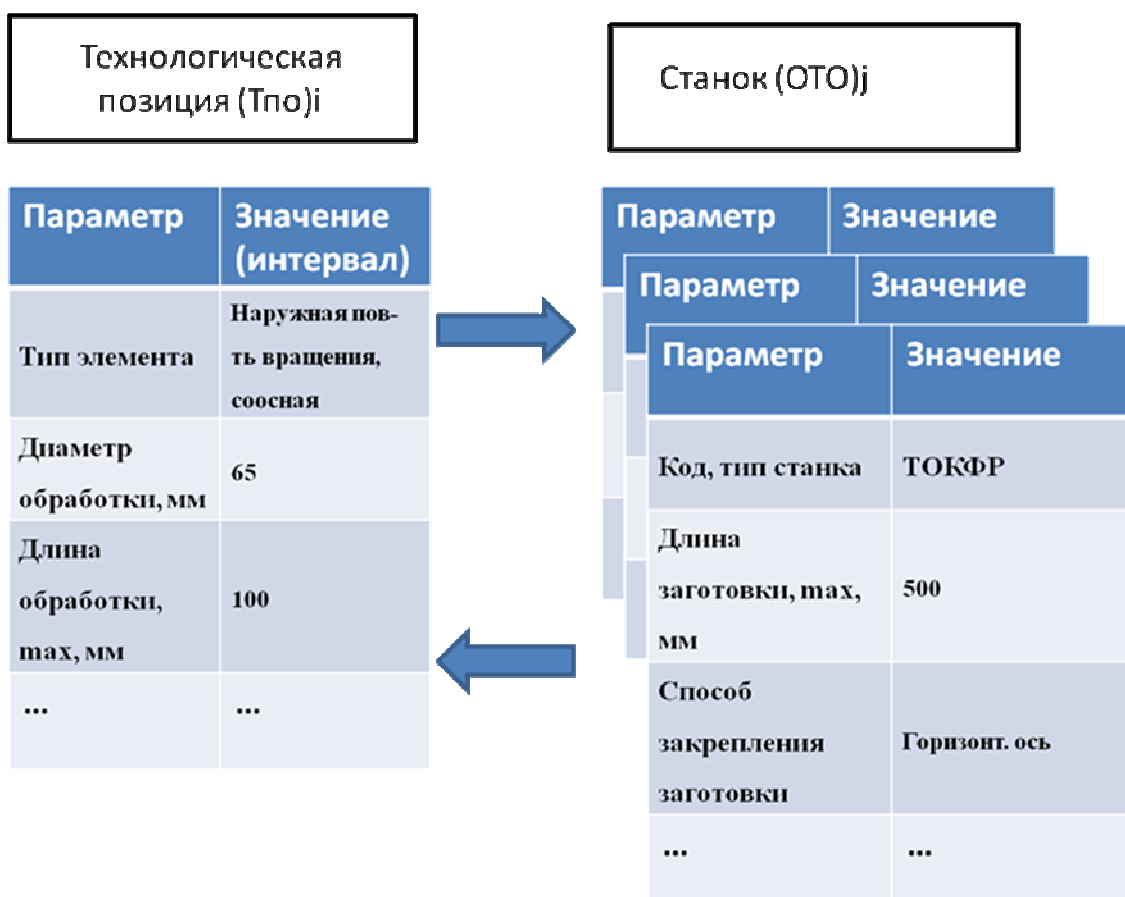


Рис. 1. Выбор конкретного станка для текущей технологической позиции

На примере рис. 1 можно видеть, что приведенные выше параметры "свертки" КТЭ базовой номенклатуры соответствуют параметрам для выбора ОТО, то есть позволяют осуществить выбор станка (оборудования) для каждой ТПО. Что собственно и является результатом применения изложенной методики.

Результаты и их обсуждения

Проведенные исследования показали что для формирования модели базовой номенклатуры и "пространства поиска" вариантов ОТО можно выделить следующие подходы:

- использование классификационных таблиц ЕСКД и нормалей для формализации параметров базовой номенклатуры [6-9,12];
- использование экспертной информации (при наличии);
- ориентация на максимальную дифференциацию или концентрацию технологических операций;
- ориентация на отработанные "сборки" ТП (см. выше);
- ориентация на формализованное обобщение располагаемого производственного опыта при наличии "базового производственного процесса". В идеале это означает наличие экспертной системы (ЭС) для анализа номенклатурного ряда выпускаемых изделий (деталей) на заданном (плановом) периоде;
- использование системы предпочтений проектировщика (Заказчика, ЛПР) по "виртуальному представлению" о будущем ГПС - предпочтительные виды основного технологического оборудования, систем ЧПУ, странам-производителям оборудования, сервисного обеспечения и т.п.

Заключение

Основное требование к разработанной модели, учитывающей неопределенность номенклатуры деталей для выбора качественного состава оборудования ГПС механообработки – возможность применения универсальных алгоритмов поиска решений методами удовлетворения ограничений и другими алгоритмами искусственного интеллекта [3]. Каждой позиции конфигурации (рис. 1) ставится в соответствие определенный объект конфигурации, взятый из соответствующего справочника В настоящее время сформированный в программном обеспечении системы решения задач синтеза конфигурации CMSolver справочник состоит из следующих разделов:

- Станки;
- Системы ЧПУ;
- Промышленные роботы;
- Комплекты оснастки.

Описание входной (предполагаемой к выпуску) номенклатуры в формате векторов интенсивности переходов по технологическим позициям наиболее целесообразно для недоопределенных производственных систем, где невозможно "построить" критериальную функцию эффективности производственного процесса Классические примеры: таких производств:

- производства штампов и пресс-форм различного назначения;
- инструментальные производственные участки действующих (проектируемых) заводов;
- "виртуальные фабрики", ориентированные на открытие рынки заказов;
- производства, создаваемые в обеспечение плановых мобилизационных возможностей в рыночном (конкурентном) секторе гражданской экономики и некоторые другие.

Практика показывает что в секторе реального производства (мелкосерийное машиностроение) эксплуатанты стараются избегать необоснованного расширения номенклатуры используемого оборудования. Причина очевидна - квалификация специалистов, перечни запчастей и технических регламентов по обслуживанию желательнее минимизировать. "Стартовый состав" оборудования как правило определяет дальнейшее "существование" производственной системы до "глобальных" перемен. Это лишний раз подчеркивает необходимость качественного обоснования "первого" или "начального" состава оборудования.

В зависимости от задаваемых при формировании ТЗ на проектирование критериев оценки функционирования ГПС - объем капитальных вложений, удельные приведенные затраты, нормативные коэффициенты загрузки оборудования и др. - процедура выбора ОТО может быть итерационной до получения приемлемого результата или обоснованного отказа от продолжения проектных работ.

Список литературы

- [1] *Лагута В.С., Ясиновский С.И.* Проектирование компьютерно - интегрированных производств в составе систем управления жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении. Вопросы инновационной экономики, 2020, №3 (том 10), с. 1246-1257.
- [2] *Буханов С.А.* Исследование алгоритмов поиска решений в задачах структурного синтеза сложных изделий на основе метода удовлетворения ограничений. Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана Электрон. журн., 2016, 18с.
- [3] *Овсянников М.В., Буханов С.А.* Управление конфигурацией методом программирования в ограничениях. Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2012, № 14, с. 70-75.
- [4] *ГОСТ 7599-82* Станки металлообрабатывающие. Общие технические условия. Москва, Изд-во стандартов, 1999, 22с.
- [5] *ОК 012-93.* Классификатор ЕСКД. Классы 71, 72, 73, 74, 75, 76. Иллюстрированный определитель деталей. Пояснительная записка Москва, Изд-во стандартов, 1994, 40с.
- [6] *Технологический* классификатор деталей машиностроения и приборостроения. Общероссийский классификатор ОК021-95. Москва, Изд-во стандартов, 2004, 75с.
- [7] *Базров Б.М.* Классификация станочных приспособлений. Станки и инструменты, 1998, №3, с.26-31.
- [8] *Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н.* Оснастка для станков с ЧПУ: справочник. Москва, Машиностроение, 1990, 512 с.
- [9] *Инструмент* и приспособления для машиностроения. Классификация и условные обозначения. Нормали машиностроения. МН 74-59, МН 81-59. Москва, Изд-во стандартов, 1962, 27с.
- [10] *Дальский А.М., Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Суслов А.Г.* Справочник технолога-машиностроителя. Т. 1. Москва, Машиностроение, 2003, 912 с.

- [11] *Горнев В.Ф., Войтов В.Н., Кузьмин С.П., Лагута В.С.* Моделирование структуры и показателей функционирования ГПС из типовых элементов на стадии проектирования: Методические рекомендации. Москва, ВНИИ-ТЭМР, 1988, 80 с.
- [12] 1 85 151. Классификатор технологических операций машиностроения и приборостроения. Москва, ВНИИМАШ Госстандарта, 1987, 74 с.

Лагута Виктор Степанович – генеральный директор, к.т.н. "Институт производственных исследований" (ООО). E-mail: ipilp@mail.ru

Овсянников Михаил Владимирович – доцент, к.т.н. МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: mvo@mail.ru

СРАВНЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ ОТВЕРСТИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Шлифование центрального отверстия в зубчатом колесе производится после закалки профиля зубьев. Эта операция обычно является последней и обеспечивает concentricity оси начальной окружности колеса с осью центрального отверстия. Центрирование и закрепление зубчатого колеса в патронах при шлифовании центрального отверстия производятся по боковым профилям зубьев. Для этого во впадины косоугольного цилиндрического колеса устанавливают ролики, во впадины косоугольного цилиндрического колеса – шарики или витые упругие ролики, во впадины конического колеса – шарики. [1]

При **шлифовании центральных отверстий цилиндрических и конических зубчатых колес** применяют базировку по рабочим поверхностям зубьев.

Прежде всего производится **шлифование центрального отверстия** с базированием по начальной окружности колеса. Затем, если требуется, производится шлифование второго (противолежащего) торца на вертикальном плоскошлифовальном станке (обработка производится торцом шлифовального круга); эта операция выполняется с установкой на противолежащий шлифованный торец. [2]

В авиационном моторостроении при **шлифовании центральных отверстий** в конических шестернях наибольшим распространением пользуется базирование шестерен не по начальному конусу, а по внешней конической поверхности зубьев.

Базирование зубчатых колес (шестерен) типа дисков осуществляется по предварительно обработанной базовой поверхности торца, наружному диаметру в трехкулачковом патроне или по внутреннему посадочному отверстию по средством разжимной цанги. [1]

Станок 3К228А

Наибольшие размеры устанавливаемой заготовки, мм: диаметр – 400; длина – 320.

Область применения станка **3К228А** – машиностроительные заводы с мелкосерийным и серийным производством, а также инструментальные и ремонтные цехи этих заводов.

Станок снабжен торцешлифовальным приспособлением, позволяющим шлифовать наружный торец изделия за один установ со шлифовкой отверстия.

Главное движение осуществляется от электродвигателя через плоскоремennую передачу. Шлифовальные шпиндели – сменные, со шкивами диаметром мм, чем достигается изменение частоты вращения шлифовального круга

Круговая подача – вращение шлифуемой детали – производится электродвигателем постоянного тока с бесступенчатым регулированием частоты вращения вала через клиноремennую передачу.

Продольная подача – возвратно-поступательное движение стола – осуществляется от гидропривода с бесступенчатым регулированием скорости движения. Стол имеет также механизм ручного продольного перемещения. В этом

случае от маховичка вращение передается через зубчатые колеса и на реечное колесо и рейку. Гидравлическое и ручное перемещения стола заблокированы так, что при включении гидропривода ручная подача выключается путем вывода из зацепления с рейкой реечного колеса с помощью блокировочного устройства

Поперечная подача шлифовального круга производится перемещением салазок суппорта шлифовальной бабки винтом от механизма поперечной подачи. Эта подача может быть ручная (непрерывная или дозированная) и автоматическая от гидропривода. Ручная непрерывная подача осуществляется с помощью маховичка через зубчатые колеса и на винт. Дозированная ручная подача достигается путем качания рычага через собачку, храповое колесо и зубчатые передачи, на винт. [2]

Станок 3К227В

Наибольшие размеры устанавливаемой заготовки, мм: диаметр – 400; длина – 125.

Главное движение

Вращение шлифовального круга осуществляют от электродвигателя посредством плоскоременной передачи. Натяжение ремня производят винтом. Шлифовальная бабка снабжена четырьмя сменными шкивами диаметрами 30, 40, 60 и 80 мм, что обеспечивает частоты вращения $n = 8100$ об/мин, $n_2 = 11000$ об/мин, $n_3 = 16\ 200$ об/мин. Привод круга торцешлифовального приспособления осуществляют от электродвигателя. Натяжение ремня производят винтом.

Движение подачи

Заготовка вращается от электродвигателя посредством ременной передачи 110/165. Натяжение ремня производят винтом. Частоту вращения заготовки регулируют бесступенчато от 140 до 1000 об/мин.

Предельное возвратно–поступательное перемещение стола осуществляют гидроприводом. Механизмы ручного и гидравлического перемещений стола заблокированы, что исключает их одновременную работу. Ручное перемещение стола осуществляют маховичком, за один его оборот стол перемещается на 19 мм. [3]

Шлифовальную бабку перемещают в поперечном направлении шариковой винтовой парой, что в сочетании с направляющими качения повышает плавность перемещения. Ручное поперечное перемещение шлифовальной бабки (как ускоренное, так и медленное) осуществляют механизмом поперечной подачи, вращая рукоятку.

Дозированную ручную поперечную подачу шлифовальной бабки осуществляют качанием рукоятки и через рычажную систему передают на собачку храпового колеса $z = 250$, которая поворачивает храповое колесо. Поперечное перемещение шлифовальной бабки при повороте храпового колеса на один зуб равно 0,002 мм за качание. Собачка храпового колеса может повернуть колесо на один – три зуба, что соответствует 0,002; [2]

Станок 3К228В

Универсальный внутрешлифовальный станок высокой точности предназначен для шлифования цилиндрических и конических, глухих и сквозных отверстий. Станок имеет торцешлифовальное приспособление, расположенное на

бабке шлифуемой заготовки, которое дает возможность шлифовать с одной установки заготовки ее наружный торец, цилиндрическое или коническое отверстие.

Наибольшие размеры устанавливаемой заготовки, мм: диаметр – 200; длина – 200.

Стол несущий шлифовальную бабку может возвратно–поступательно перемещаться по направляющим качения станины с помощью гидравлического цилиндра, а также вручную от маховика. По верхним направляющим качения стола шлифовальную бабку можно перемещать вручную от маховика или от специальных упоров, расположенных на столе станка. На верхней плоскости станины установлен мост с бабкой шлифуемой детали. Салазки несущие бабку шлифуемой детали по направляющим скользя моста, можно перемещать вручную. На корпусе бабки шлифуемой детали установлено торцешлифовальное приспособление. Перемещение этого приспособления вручную осуществляют маховичком.

Шлифование заготовок осуществляют с помощью следующих движений: вращения шлифовального круга и заготовки, поперечной подачи шлифовальной бабки, продольной подачи шлифовального круга. При работе с торцовым приспособлением необходимы следующие движения: вращение шлифовального круга, и заготовки и подача круга вдоль его оси. [3]

Список литературы

[1]. *Звонцов И.Ф.* Технология и производство артиллерийского вооружения : учебное пособие / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебренницкий. – Санкт–Петербург : Лань, 2022. – 692 с. – ISBN 978–5–8114–2233–3. – Текст : электронный // Лань : электронно–библиотечная система – URL: <https://e.lanbook.com/book/212426>

[2]. *Зубарев Ю.М.* Абразивные инструменты. Разработка операций шлифования : учебное пособие / Ю. М. Зубарев, В. Г. Юрьев. – СПб: Лань, 2022. – 360 с. – ISBN 978–5–8114–3273–8. – Текст : электронный // Лань : электронно–библиотечная система – URL: <https://e.lanbook.com/book/213188>

[3]. *Горохов В.А.* Материалы и их технологии : учебник / В. А. Горохов, Н. В. Беляков, А. Г. Схиртладзе. – Минск : Новое знание, [б. г.]. – Часть 2 – 2014. – 533 с. – ISBN 978–985–475–633–2. – Текст : электронный // Лань : электронно–библиотечная система – URL: <https://e.lanbook.com/book/49451>»

Володин Александр Евгеньевич – студент КФ МГТУ им Н.Э.БауманаЕ–mail: aleksandr-volodin2020@mail.ru

ПОЛУЧЕНИЕ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ

Детали с глубокими отверстиями встречаются во всех областях машиностроения и приборостроения, очень важным является подбор правильной технологии, чтобы соблюсти главные параметры и требования к отверстию.

В данной работе представлены специальные методы сверления глубоких отверстий, определяемые как технологии глубокого сверления.

Получение глубоких отверстий в зависимости от схемы удаления припуска

1) Сплошное глубокое сверление (рис 1,а) – отличается тем, что весь высверливаемый материал удаляется в виде стружки; глубина резания будет равна $t=d_0/2$

2) Кольцевое глубокое сверление (рис 1,б) – сверление, при котором в стружку превращается лишь часть высверливаемого материала, находящаяся в высверливаемой кольцевой области, а остальная часть удаляется в виде оставшегося стержня диаметром d_c ; глубина резания t , меньше чем при сплошном сверлении, и равна ширине кольцевой полости В.

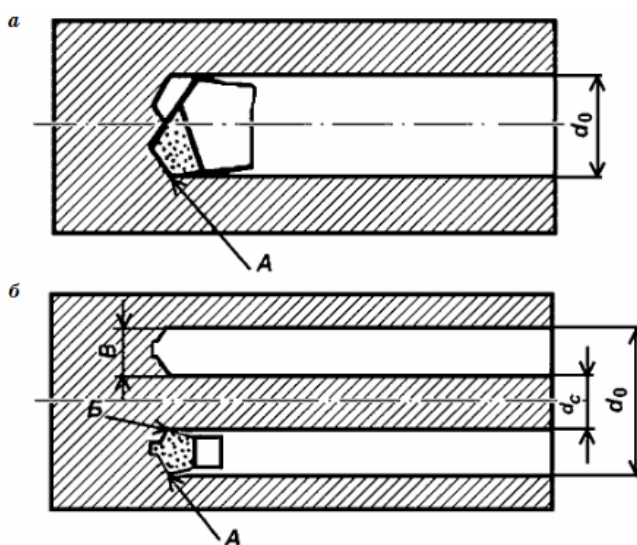


Рис 1.

Глубокое сверление универсальным и специализированным инструментом.

«Для сверления глубоких отверстий практика/ непрерывно пытается использовать универсальный инструмент или инструмент, построенный по схемам универсального, что вызвано в первую очередь простотой конструкции этого инструмента и схемой его применения на универсальном оборудовании.

Спиральные удлиненные сверла позволяют получить отверстия некоторой глубины, но используемая схема подачи СОЖ поливом не обеспечивает достаточное охлаждение зоны резания, что быстро приводит к росту температуры резания, к схватыванию инструментального и обрабатываемого материала

и, зачастую, к разрушению инструмента. Кроме того, СОЖ, встречаясь с нагретой стружкой, выходящей из зоны резания, отбрасывается назад вращающимся (как ш.нек) сверлом. При этом с увеличением частоты вращения количество отбрасываемой СОЖ может достигать 50%. Естественно, не менее важной проблемой при сверлении отверстий спиральными сверлами является проблема удаления образующейся стружки, которая сама собой уже не решается при достижении определенной глубины просверленного отверстия.

Спиральные сверла, имеющие систему внутренней подачи СОЖ, относят к группе инструментов с внутренним напорным охлаждением (ВНО). Эти сверла более эффективны для глубокого сверления, чем спиральные сверла обычной конструкции. По внешнему виду это почти обычные спиральные сверла, но с удлиненной рабочей частью, с некоторыми отличиями в заточке и конструктивными добавлениями – с каналами-отверстиями для подачи СОЖ под давлением в зону резания (рис 2). Сверла имеют винтовую стружечную канавку. Такие/ сверла изготавливаются как из быстрорежущих сталей, так и из твердого сплава или с вставными пластинами из твердого сплава

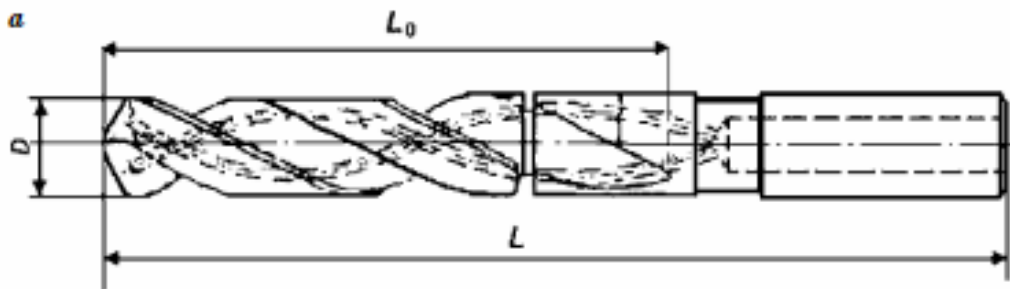


Рис 2.

Технология эжекторного сверления

Эжекторное сверление(Рис 3), являясь разновидностью глубокого сверления, обеспечивает практически те же результаты по производительности, точности и качеству, что и глубокое сверление с внутренним или наружным отводом с.тружки, но позволяет выполнять сверление на универсальных станках (токарных, сверлильных, фрезерных и т. п.) лишь при дополнении их насосной станцией, стационарной или перемещаемой по мере надобности от одного станка к другому. При эжекторном сверлении не требуется герметизировать зазоры между заготовкой и кондукторной втулкой, что упрощает наладку и обслуживание станка. Эжекторное сверление можно применять для обработки отверстий в самых разнообразных деталях, включая и случаи сверления прерывистых отверстий в коленчатых валах, траках и т.п.

Области применения способа определяются возможностями эжекторного насоса по созданию путем отсасывания необходимой скорости потока СОЖ для отвода стружки, а также видом стружки. При получении дробленой «стружки эжекторное сверление можно применять для сверления отверстий диаметром 20...60 мм и глубиной до 1000...1200 мм. Однако его практически не удастся применять при обработке вязких с.талей (жаропрочных, коррозионно-

стойких и т. п.), так как при их сверлении не удастся постоянно получать мелкодробленую стружку.

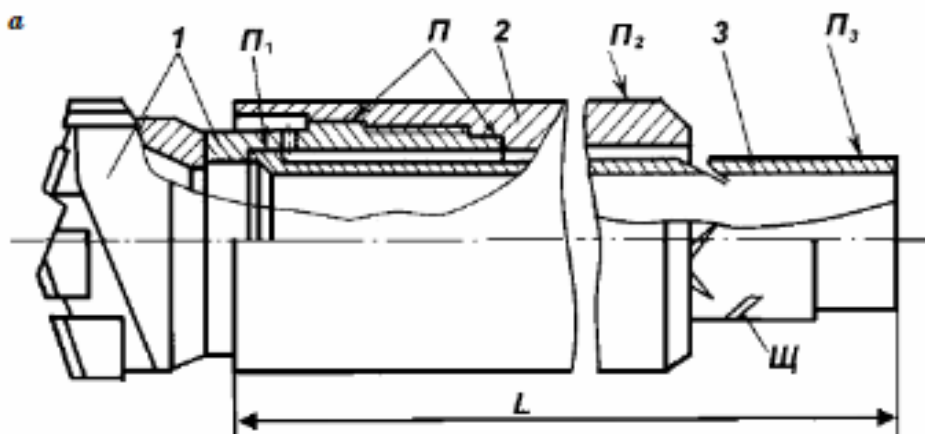


Рис 3. Эжекторное сверло

Технология ружейного сверления.

Технология предопределяет применение так называемых ружейных сверл. Типовое ружейное сверло (рис. 4) состоит из длинной трубы стебля 2 с хвостовиком 3.

На рабочем стебле припаяна сверлильная головка 1 с твердосплавной (припаянной) резцовой пластиной. К стеблю может быть припаяно целиком твердосплавное сверло. И резцовая/ часть инструмента, и стебель по всей длине имеют V(образную канавку с углом 110...120). На резцовой ч.асти имеются направляющие шпонки – опорная и упорная. Сверло работает по схеме с определенным базированием.

Считается, что ружейные сверла незаменимы при сверлении отверстий диаметром менее 8 мм и могут быть использованы даже при сверлении глубоких отверстий до диаметра 0,5 мм. Максимальный (рекомендуемый) диаметр сверления этими сверлами составляет 35...40 мм при относительных длинах до 50d.

Ружейные сверла в сравнении со спиральными, шнековыми и другими аналогичными сверлами обеспечивают большую производительность и точность. Так, на определенных материалах при сверлении может быть достигнута точность отверстий по Н8 (на малых диаметрах до Н7) с отклонением оси не более 0,01...0,02 мм на 100 мм длины отверстия и при этом получена шероховатость поверхности отверстия с параметром $Ra = 0,63...1,25$ мкм. Благодаря этому зачастую отпадает необходимость при обработке отверстий после сверления выполнять последующие переходы – зенкование и развертывание.

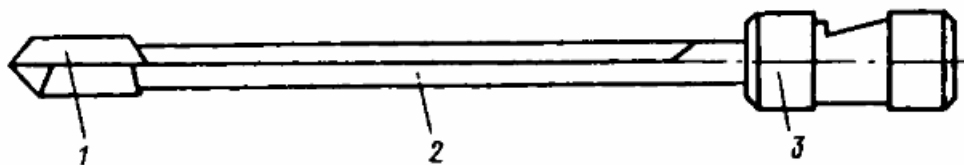


Рис 4. Типовое ружейное сверло

Список литературы

[1]. *Звонцов И.Ф.* Технологии сверления глубоких отверстий : учебное пособие / И. Ф. Звонцов, П. П. Серебrenицкий, А Г. Схиртладзе. – СПб: Лань, 2022. – 496 с. – ISBN 978-5-8114-1373-7. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система – URL: <https://e.lanbook.com/book/211217>

[2]. *Обработка* глубоких отверстий в машиностроении : справочник / С. В. Кирсанов, В. А Гречишников, С. Н. Григорьев, А Г. Схиртладзе. – М.: Машиностроение, 2010. – 344 с. – ISBN 978-5-94275-521-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система – URL: <https://e.lanbook.com/book/742>.

Володин Алексей Евгеньевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: aleksey-volodin2017@mail.ru

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА

Нарезание зубьев на зубчатых колесах можно осуществить фрезерованием, долблением, строганием, шлифованием и другими способами. Профиль зуба можно получить двумя методами: копированием профиля режущего инструмента и обкатом.

В данной работе представлены основные способы нарезания зубьев цилиндрических зубчатых колес методом обкатки и их сущность, а также приводится сравнительный анализ этих способов.

Зубодолбление цилиндрических колес производится по методу обкатки. При этом воспроизводится зацепление двух сопрягаемых колес, одним из которых является режущий инструмент - долбяк, а другим нарезаемое колесо. Обкатка осуществляется в процессе зацепления долбяка 1 и нарезаемого колеса 2 при последовательном расположении профилей их зубьев.

Профиль зубьев долбяка выполняется по эвольвенте и не совпадает с профилем зубьев нарезаемого колеса, поэтому одним и тем же долбяком можно нарезать колеса с различным числом зубьев. Зубодолбление можно производить за один или несколько проходов в зависимости от модуля, твердости материала, точности и шероховатости обрабатываемых зубьев. Основное преимущество зубодолбления по сравнению с обработкой червячной фрезой - меньшая огранка эвольвентного профиля малозубых колес. Точность нарезания зубчатых колес долбяками зависит от станка, точности инструмента, жесткости и точности оснастки, от обрабатываемого материала, точности заготовки и квалификации оператора. Зубодолбление можно производить на заготовках, имеющих сравнительно высокую твердость. В зависимости от материала и числа проходов при чистовом зубодолблении можно получить шероховатость поверхностей зубьев $Ra = 0,8 - 1,6$ мкм.

Зубофрезерование – один из видов лезвийной обработки, обеспечивающий нарезание зубчатых колес эвольвентного профиля: цилиндрических (прямозубых и косозубых) колес внешнего зацепления, червячных колес.

Фрезерование с осевой подачей. Червячная фреза перемещается параллельно оси обрабатываемого колеса. Недостатком этого метода обработки является большая длина врезания червячной фрезы. При фрезеровании с радиально-осевой подачей червячная фреза в начале резания и до получения полной высоты зуба перемещается радиально. Затем радиальная подача прекращается, и включается осевая. Применение многозаходных червячных фрез при зубофрезеровании с осевой, радиально-осевой и другими подачами является одним из средств повышения производительности.

Фрезерование с диагональной подачей. Этот метод применяют в крупносерийном и массовом производстве для обработки колес с широкими зубчатыми венцами, пакета колес и колес с повышенной твердостью, когда необхо-

димо иметь большой период стойкости фрез в процессе резания. При диагональной подаче по сравнению с осевой улучшается сопрягаемость профилей зубьев (линии резов расположены не вдоль зуба, а под углом) прямозубых колес при обкатке; поэтому этот метод целесообразно применять и для колес, у которых в дальнейшем зубья не подвергаются чистовой обработке, например для зубчатых колес насосов. При диагональном зубофрезеровании экономично применять длинные и точные фрезы.[2]

Зубострогание применяют для обработки колес с наружными зубьями в тех же случаях, что и зубодолбление, особенно для колес высокой точности по нормам контакта и косозубых колес, а также при одиночном и мелкосерийном изготовлении крупномодульных колес в связи с простотой инструмента по сравнению с червячной фрезой.

Зубострогание основано на зацеплении зубчатого колеса и рейки, воспроизводимой инструментом - гребенкой. В процессе нарезания зубьев гребенка, закреплена на суппорте, совершает быстрое возвратно-поступательное движение причем на обратном ходу гребенка отводится от детали для устранения трения режущих кромок. При обработке прямозубых колес гребенка движется параллельно оси детали, а при нарезании косых зубьев – вдоль их образующих. Медленное движение обкатки создается перемещением гребенки по касательной к колесу и соответствующим вращением последнего. При обратном движении обкатки стола или суппорта, производимом после вывода гребенки в радиальном направлении или остановки суппорта за пределами торца колеса, колесо обычно остается неподвижным (цепь деления разъединяется), в результате чего совершается делительный поворот колеса относительно зубьев гребенки на один или z_i зубьев. Черновая обработка колес ($m > 10$ мм) производится в два прохода, с промежуточным врезанием гребенки; при однопроходной обработке колес ($m = 5$) мм врезание иногда производится в тангенциальном направлении.

Для выбора метода обработки наружных поверхностей типа “зубья” следует обращать внимание на конструкцию самой детали, требуемую степень точности, время обработки и тип производства.

Для деталей типа “Вал мотоблока” со серийном типом производства будет целесообразно применить метод зубодолбления так как он является более универсальным. Метод зубодолбления не является новым в машиностроении, то есть имеет сильную практическую базу. Метод зубострогания является не выгодным в серийном типе производства, так как за счет работы инструмента в одном направлении добавляются холостые ходы, что увеличивает основное время обработки, а, следовательно, понижают производительность.

Список литературы

[1]. *Антонюк В.Е.* Технология производства и методы обеспечения качества зубчатых колес и передач. Учебное пособие. / В.Е. Антонюк, М.М. Канне,

В.Е. Старжинский и др. – Мн.: УП «Технопринт». 2003. – 266 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/742> (Дата обращения: 03.09.2022)

[2]. *Балакишин Б.С.* Основы технологии машиностроения. - М.: Машиностроение, 1969, - 559 с. URL <https://reader.lanbook.com/book/151683#82> (Дата обращения: 24.12.2022)

Прихоткин Дмитрий Игоревич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: thenailer@mail.ru

СЕКЦИЯ 2.

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

О.И. Пономарев, А.Г. Орлик

МЕТОДИКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ 313 СЕРИИ

В работе рассматриваются методики и особенности ремонта распределительного блока аксиально-поршневого насоса 313 серии. Приведены основные преимущества и недостатки полуавтоматической наплавки износостойких покрытий в сравнении с наиболее ходовым способом восстановления поверхностей – плазменным напылением, и делается заключение о целесообразности применения того или иного метода наплавки для восстановления аксиально-поршневого гидронасоса

Ключевые слова: *восстановительная наплавка, износостойкие поверхности, гидроабразивный износ, восстановление аксиально-поршневых насосов, полуавтоматическая наплавка*

В настоящее время, все чаще, отечественные машиностроительные предприятия обращаются к ремонту машин и агрегатов различной сложности, а не к полной замене узла, вышедшего из строя. Наиболее явно такая тенденция отобразилась на статьях расходов отечественных производителей во втором квартале 2022 года, когда в силу вступила экономическая и политическая изоляция со стороны западных партнеров. Восстановление деталей является основным источником экономической эффективности ремонта, технически обоснованным и экономически оправданным мероприятием.

Экономическая целесообразность ремонта в настоящее время обусловлена тем, что около 45% деталей машин, поступающих в ремонт, изношены в допустимых пределах и могут быть использованы повторно, а около половины деталей могут быть использованы после восстановления при его себестоимости 15...30% цены новых деталей. Только 5...9% деталей не подлежат восстановлению.

«Потребление стали в российском машиностроении за девять месяцев 2022 года упало на 21% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, до 3,4 млн т», – резюмировал заместитель гендиректора по продажам и операциям «Северстали». «Северсталь» – один из крупнейших производителей стали в России. Такая тенденция показывает не только снижение производительности предприятий машиностроительной отрасли, но, и, как следствие – увеличение срока службы деталей, путем повышения частоты ремонтов оборудования и обращений к методам продления его срока службы.

Восстановление деталей позволяет ремонтно-обслуживающим предприятиям и мастерским хозяйств сократить время простоя машин в ремонте, повысить качество их технического обслуживания, положительно влияет на улучшение показателей надежности и использования машин. Установлено, что 85% деталей теряют работоспособность при износе, не превышающем 0,2...0,3 мм. Это подтверждают значительные размеры ремонтного фонда и целесообразность его восстановления.

Уместно привести сведения о восстановлении деталей за рубежом. В Японии, восстанавливая изношенные детали, удовлетворяют до 40% потребности в запасных частях, в США, Германии, Австрии – до 30...35%.

Износостойкие наплавленные слои применяют в условиях гидроабразивного, комбинированного абразивного и эрозионного износа оборудования. К таким деталям машин относятся следующие агрегаты: примитивного назначения (пусковые лотки гравийных и песчаных карьеров, транспортирующие шнеки), циркуляционные машины (рабочих колёсах, корпусах и лопатках шламовых и грунтовых насосов, углесосов), технологичные агрегаты (аксиально-поршневые/плунжерные насосы). Данный список не ограничивается представленной выше структурой, а также износу подвержены машины и установки сельскохозяйственной, пищевой, целлюлозной, химической промышленности [1].

Методики получения поверхностных износостойких слоев и восстановления поверхностей на примере аксиально-поршневого насоса 313 серии

Аксиально-поршневые насосы получили широкое распространение в гидроприводе станков, асфальтовых катков, строительной техники и самолётов. Таким образом износ данного разборного узла ведет к ухудшению рабочих качеств машины, а также может привести к происшествиям. Однако только несколько элементов аксиально-поршневых гидронасосов возможно заменить – поршни и крышка корпуса, при износе остальных узлов необходима замена всего агрегата целиком, что обходится немалых экономических и временных затрат. Наиболее часто отечественные производители, в том числе ООО «Меркатор Калуга», осуществляют аргонодуговую наплавку самих поршней (плунжеров) и дальнейшую проточку, остальные элементы заменяются. В данном случае абразив попал в картер насоса и повредил распределительный блок (рис. 1) из-за чего появился нехарактерный шум, насос перестал выходить на рабочие обороты, появилась вибрация.



Рис. 1. Повреждение распределительного блока аксиально-поршневого насоса

В конкретном случае материал распределительного блока – сталь 12ХНЗА. Её химический состав приведен в таблице ниже (табл. 1).

Химический состав стали 12ХНЗА

C	Si	Mn	Cr	Ni
0,09-0,16	0,17-0,37	0,30-0,60	0,60-0,90	2,75-3,15

Сталь этой марки относится к основным представителям конструкционной стали. Сочетание никеля и хрома обеспечивают этой стали характеристики позволяющие изготавливать из нее ответственные детали. Она обладает запасом износостойкости и коррозионной стойкостью. На ряду с этим, сталь возможно сваривать, а именно свариваемость – удовлетворительная – требуется подбор режимов и предварительный подогрев.

После ремонтных операций к поверхности изделия не предъявляются особые требования, достаточно восстановление плоскости фрезерованием.

В современной ремонтной отрасли промышленности выделяют следующие способы и особенности формирования структуры износостойких слоев:

1. Применение наплавочных материалов, обеспечивающих получение мартенситной структуры в состоянии после наплавки. Мартенсит как структура закалки является одним из самых твердых структурных образований в стали, но следует учитывать, что наплавленный слой при работе в условиях ударно-динамических нагрузок склонен к отрыву.

2. Нанесение композиционных металлокерамических покрытий на основе железа и тугоплавких фаз. Для защиты от гидроабразивного изнашивания и коррозионных повреждений применяют композиционные покрытия из класса так называемых «твердых металлов», состоящие из таких дефицитных компонентов, как карбиды тугоплавких металлов (в основном WC) и связки на основе кобальтовых сплавов. Качество связи между карбидами и матрицей обеспечивается благодаря высокой растворимости и смачиваемости кобальтом частиц WC.

По данным производителей и ремонтных служб возможно получение твердости наплавленного слоя порядка 65HRC. Это достигается за счёт введение в состав наполнителя порошковой проволоки дефицитных материалов (50% WC) [1].

3. Для получения композиционных покрытий на железной основе необходимо выполнить следующие условие: матрица должна иметь минимальное несоответствие решёток с армирующим наполнителем. Следовательно, предпочтительны методы создания композиционной структуры покрытий, когда наполнитель формируется в процессе нанесения покрытия. При дуговой полуавтоматической наплавке порошковой проволокой, возможно получить требуемую твердость и износостойкость, соизмеримую со стойкостью твердых материалов, без использования дефицитных сочетаний WC+Co. По данным производителей возможно получение твердости 71HRC. Это достигается за счёт введения в состав порошковой проволоки интерметаллидных и карбидных фаз на основе Cr, Mo, Nb [2].

Однако, следует отметить, что к нанотехнологиям следует отнести и термомеханическую обработку, а именно напыление [3]. Тем не менее общим недостатком методов напыления, даже при условии проведения последующих термомеханических обработок, является недостаточная прочность связи на поверхности раздела «покрытие/подложка», не позволяющая реализовывать полностью влияние твердых компонентов на износостойкость покрытий, т.к. при появлении ударных гидроабразивных и абразивных нагрузок наплавленные слои склонны к отрыву [4, 5]. Также следует отметить, что плазменное напыление относится к числу армирующих способов – создание прочных поверхностей при помощи материала, имеющего более высокие прочностные характеристики, нежели основной материал изделия, за счет бомбардировки армирующими компонентами поверхности металла и увязания их в расплаве подложки. А метод полуавтоматической наплавки, как правило, – легирующий – придание поверхности свойств, заложенных в состав присадочного материала за счет выращивания кристаллов, в данном случае по технологии выращивания в составе расплава поверхности изделия и присадочного материала

Также стоит отметить, что целесообразность ремонта обусловлена и экономическими факторами, а именно – абсолютная экономия между заменой узла и ремонтом составляет 15% себестоимости нового узла, включая демонтаж, полную бухту порошковой проволоки и защитный газ (газовую смесь) [6, 7]. Как главный фактор стоит отметить то, что долговечность работы повышается в 1,5-2 раза из разницы твердостей базового и поверхностно упроченного материалов.

Опираясь на ранее представленный материал, можно сделать вывод, что лучшим решением может быть наплавка износостойких покрытий на поверхность распределительного блока – дуговая, а именно – полуавтоматическая наплавка порошковыми проволоками в среде защитных газов. При таком методе наплавки порошок, и, как следствие армирующие фазы, попадают на размягченную поверхность изделия, при этом, под действием температуры дуги, легирующие фазы получают достаточную энергию для активации межатомных связей между друг другом и изделием для создания прочного поверхностного слоя. В свою очередь плазменная наплавка (напыление) – при условии подбора оптимальных композиций наплавляемых материалов и термического цикла процесса, как отмечалось ранее, проявляет себя хуже, т.к. в данном случае порошок бомбардирует поверхность изделия в не активированном состоянии, в противном случае – происходит значительное выгорание легирующих элементов.

Заключение

На основе сравнительного анализа представленных выше данных, получение необходимого комплекса свойств у аксиально-поршневого насоса с минимальным числом технологических недостатков обеспечивается при полуавтоматической наплавке в среде защитных газов (смеси защитных газов) по технологии легирования слоя. Также следует отметить, что стойкость покрытия против гидроабразивного износа зависит от многих факторов: способ нанесения

покрытия, условий наплавки, твёрдости наплавленного металла и размеров армирующих фаз.

Список литературы

[1] *Branagan D.J.*, «Formation of Nanoscale Composite Coating Via HVOF and Wire-Arc Spraying» ITSC 2005, Basel, Switzerland, Mai 2-4, 2005, p 539-544.

[2] *Branagan D.J.* «Dewitrified Nanocomposite Steel Powder», Powder Metallurgy Alloys and Particulate Materials for Industrial Application, St. Louis, MO, 2000, ed, By David E Alman and Joseph W. Newkirk, TMS, 111-122.

[3] *R.S. Lima, et al.* «Microstructural characteristics of cold-sprayed nanostructured WC-Co coatings», *Thin Solid Films* 416 (2002), 129-135.

[4] *Пономарев О.И., Орлик А.Г., Орлик Г.В.* Получение износостойких антиобразивных покрытий, Всероссийская научно-техническая конференции, Т. 1. – Калуга: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021. – с. 29-31

[5] *Тимофеев В.Н., Калита В.И., Комлев Д.И.* Формирование покрытий с аморфной структурой при плазменном напылении// Физика и химия обраб. материалов. 1996. №4. с. 47-49.

[6] *Чернышова Т.А, Калашников И.Е., Самохин А.В. и др.* Исследование модифицирующего влияния добавок нанопорошков, полученных плазмохимическим синтезом на структуру литых алюмоматричных композиционных материалов. Российские нанотехнологии, 2009, том 4, №7-8, с. 147-152.

[7] *Упрочнение* плазменных покрытий электромеханической обработкой//В.И. Калита, В.П. Багмутов, И.Н. Захаров, Д.И. Комлев, А.Ю. Иванников//Физика и химия обраб. материалов. 2008. №1. с. 38-42.

Пономарев Олег Игоревич – студент МК2-21Б, магистрант КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: o-o-p70@mail.ru

Научный руководитель: Орлик Антон Геннадьевич – доцент, канд. техн. наук КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: a.g.orlik@yandex.ru

СЕКЦИЯ 3.

**ФИЗИКА
КОНДЕНСАТОРНОГО СОСТОЯНИЯ
И ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА**

СВЧ ДЕЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ С НЕРАВНЫМ АМПЛИТУДНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ

В современных радиотехнических станциях, станциях связи существует актуальная проблема необходимости использования делителей мощности, работающих в широком диапазоне частот. Однако существующие СВЧ делители не обладают необходимыми характеристиками амплитудно-фазового распределения на высоких частотах. Данная работа посвящена оптимизации конструкции СВЧ делителя мощности с целью достижения определенных параметров амплитудного распределения и наименьшей фазовой ошибки в широком диапазоне частот.

Ключевые слова: СВЧ, делитель мощности, амплитудное распределение, фазовая ошибка

Современное развитие СВЧ электроники требует разработки устройств, способных работать на все более высоких частотах, с сохранением высоких электрофизических параметров в широком диапазоне частот. Делители мощности являются базовыми элементами при создании различных устройств и систем СВЧ диапазона для обеспечения разветвления трактов СВЧ.[1]

Целью данной статьи является оптимизация конструкции делителя мощности, которая позволила бы добиться неравного амплитудного распределения при работе в широком диапазоне частот с наименьшей фазовой ошибкой. В качестве основы для конструкции делителя рассмотрим симметричный делитель Уилкинсона, с коэффициентом деления 1:1. Делитель Уилкинсона – устройство, осуществляющее деление потока мощности сигнала, поступающего на вход между выходами устройства без изменения фазы сигнала. Трех-портовый делитель, у которого все порты согласованы, обеспечивает хорошую развязку между выходными портами.[2]

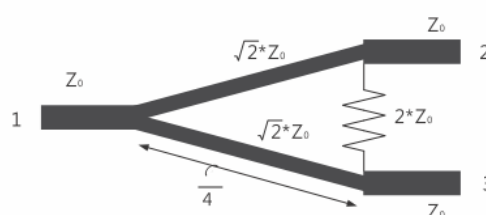


Рис. 1. Делитель мощности Уилкинсона [2]

Последовательное соединение таких элементов и увеличение количества секций делителя позволяет обеспечить широкую полосу пропускания, то есть увеличить пропускную способность. Многосекционные делители – делители, имеющие много каскадов деления.

Поскольку, задача состоит в том, чтобы разработать делитель с неравным амплитудным распределением, в качестве основы для конструкции устройства выберем конструкцию делителя Уилкинсона с неравным коэффициентом деле-

ния. Делители мощности СВЧ-диапазона зачастую выполняются на основе микрополосковых линий (МПЛ). [2] Требуется определенная геометрия расположения микрополосковых линий, которая позволит добиться определенного амплитудного распределения и меньшей фазовой ошибки сигнала. Неравномерность амплитудного распределения, обеспечивает несимметричность конструкции. Неравномерность амплитудного распределения обеспечивает разное количество каскадов деления на пути от входа до выходов устройства [3,4]. Амплитудное распределение также зависит от волнового сопротивления проводников на определенных участках цепи, которое в первую очередь зависит от изменения ширины проводящих дорожек. [5-8] Рассмотрим общую схему каскадирования устройства. Слева требуется высокий уровень амплитуды сигнала, в то время как справа требуется постепенное ослабление. Следовательно, необходимо, чтобы количество каскадов деления, на пути прохождения сигнала увеличивалось слева направо, поскольку, проходя больший путь, сигнал ослабевает. Количество этих каскадов зависит от числа выходов, выбранных для данной конструкции. Чтобы обеспечить широкую полосу пропускания, необходимо много секций и выходов делителя.

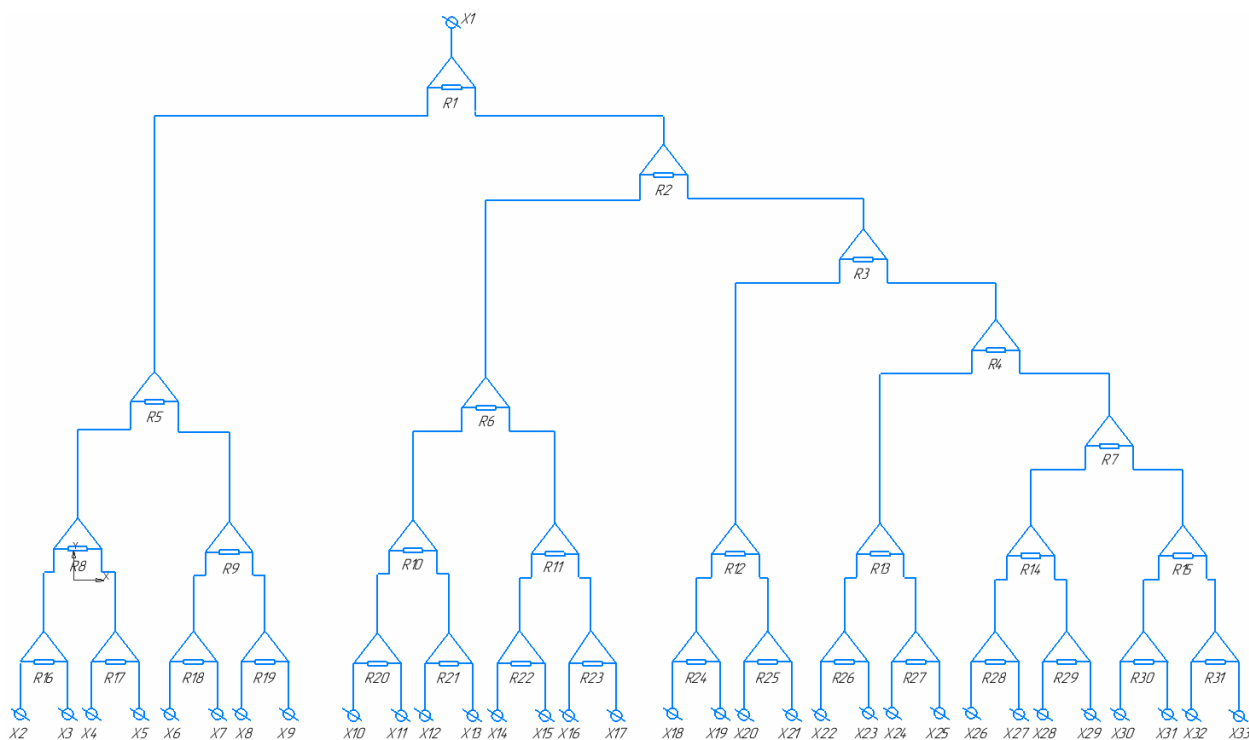


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная конструкции делителя мощности

Необходимо рассчитать требуемое распределение баланса коэффициента мощности на каждом из каскадов деления, чтобы получить требуемое амплитудное распределение. От схематичного представления устройства перейдем к более детальному. Смоделируем каждый каскад амплитудного распределения в виде проводящих дорожек. Изменение толщины обеспечивает требуемое амплитудное распределение сигнала при необходимых частотных параметрах. Рассмотрим распределение баланса коэффициента мощности одного из делите-

лей общей конструкции. Например, в одном месте цепи нам нужно добиться амплитудного распределения мощности коэффициентом в отношении 0.52:0.48. (см. рис. 3)

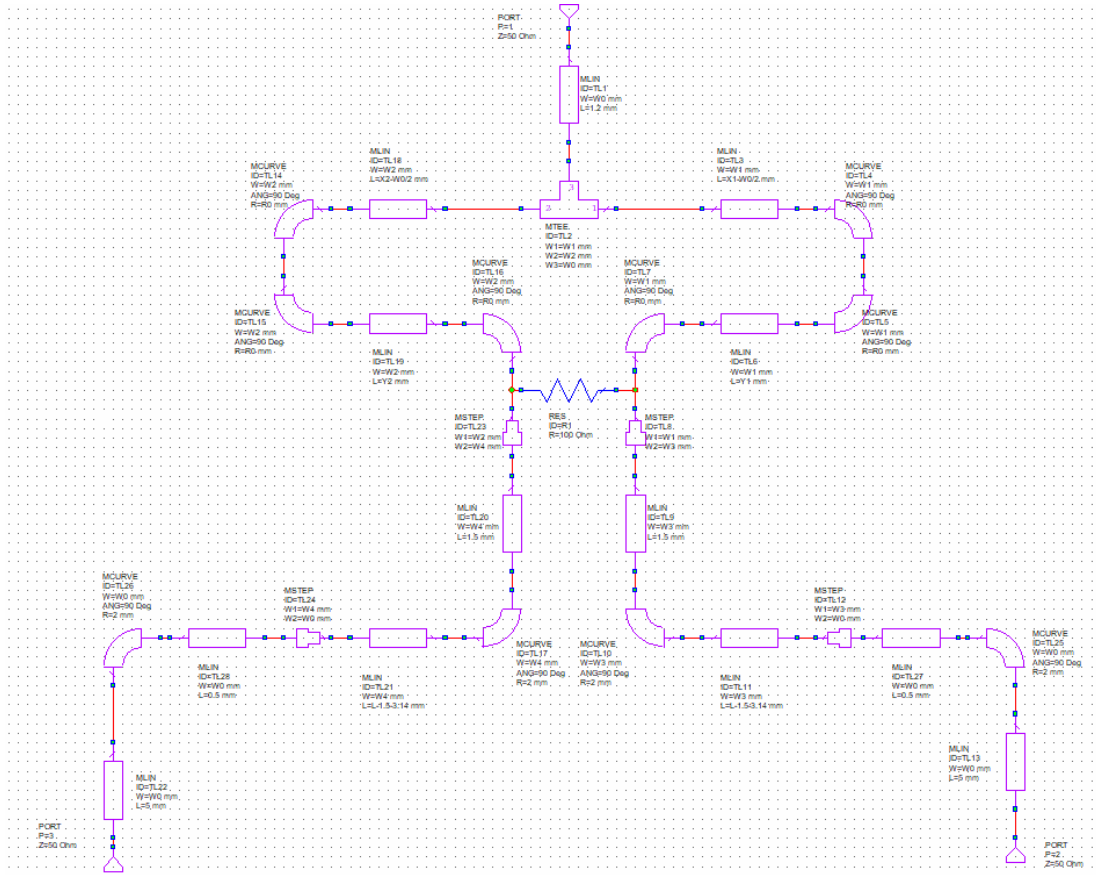


Рис. 3. Схема делителя коэффициентом 0.52:0.48

Ширина каждого из отрезка проводящих линий обозначена буквой W , рассчитанная с помощью калькулятора **AWR microwaoffice** на основе электрофизических параметров материала подложки. (см. рис. 4)

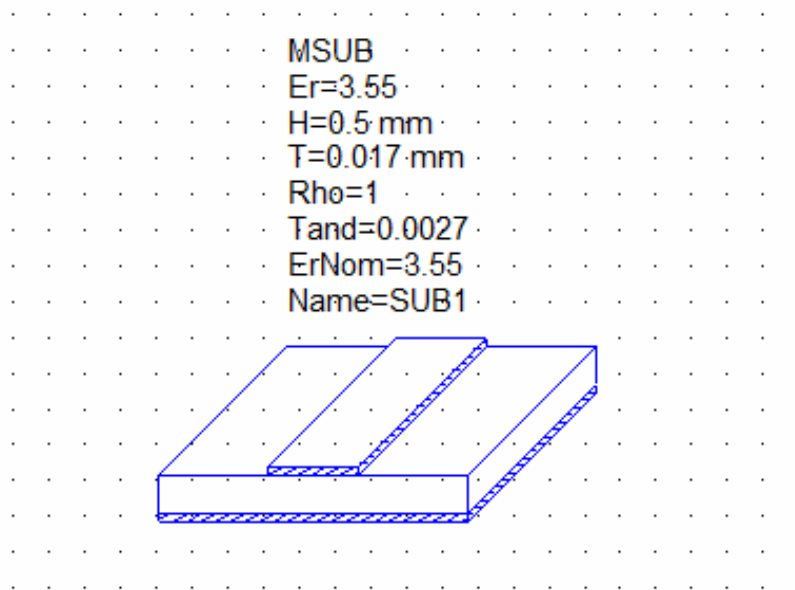


Рис. 4. Параметры подложки

Распределение баланса коэффициента мощности

Делитель 0.52-0.48 2.84 дБ – 3.19 дБ			
	Z	W	R L
0	50	1.1	100 Ом 7.45 мм
1	73.63	0.55	
2	67.96	0.65	
3	51.0	1.05	
4	49.01	1.15	

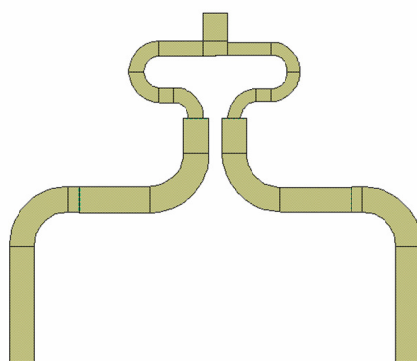


Рис. 5. МПЛ модель делителя с коэффициентом 0.52:0.48

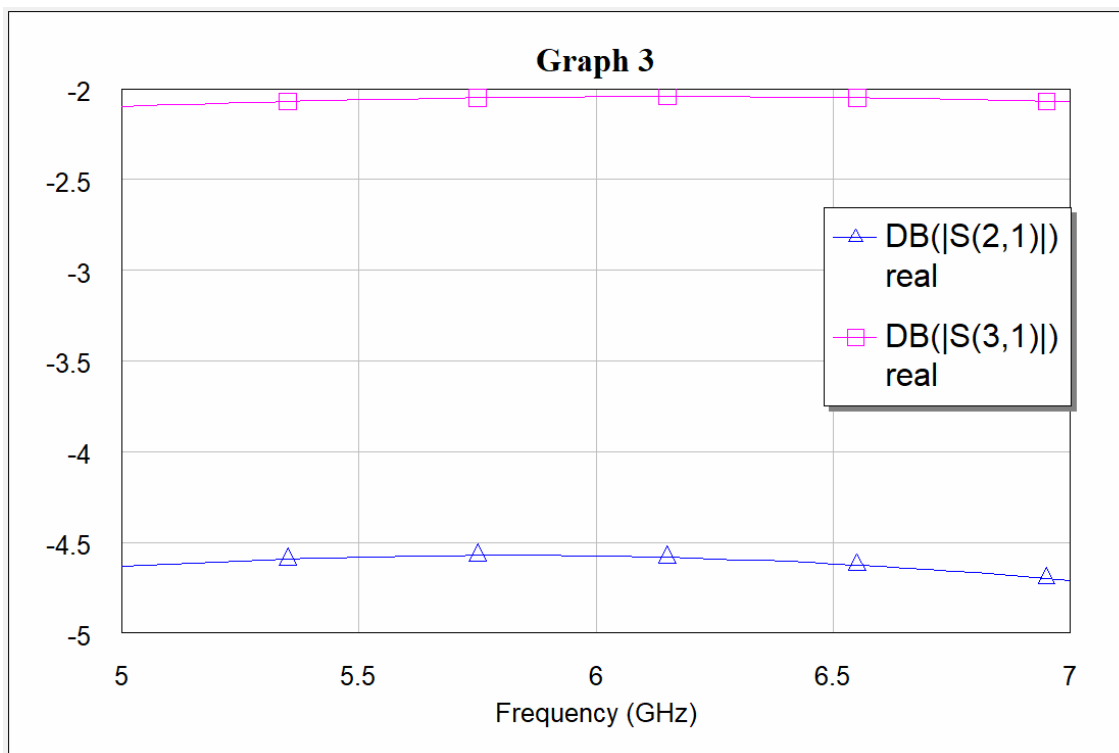


Рис. 6. S-параметры делителя с коэффициентом деления 0.52:0.48

Поскольку необходимо сконструировать синфазный делитель мощности, следует рассчитать длины линий проводников, идущих от одного каскада деле-

ния к другому. Необходимо, чтобы расстояние, по которому проходит сигнал было одинаковым от входа делителя до любого из его выходов (см. рис. 7).

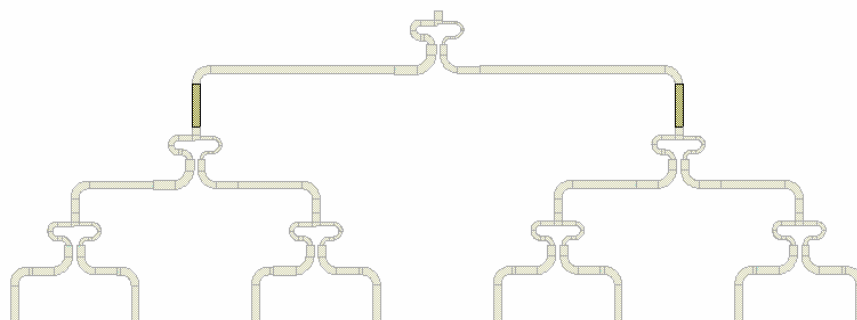


Рис. 7. Блок делителя с равной длинной отрезков линий

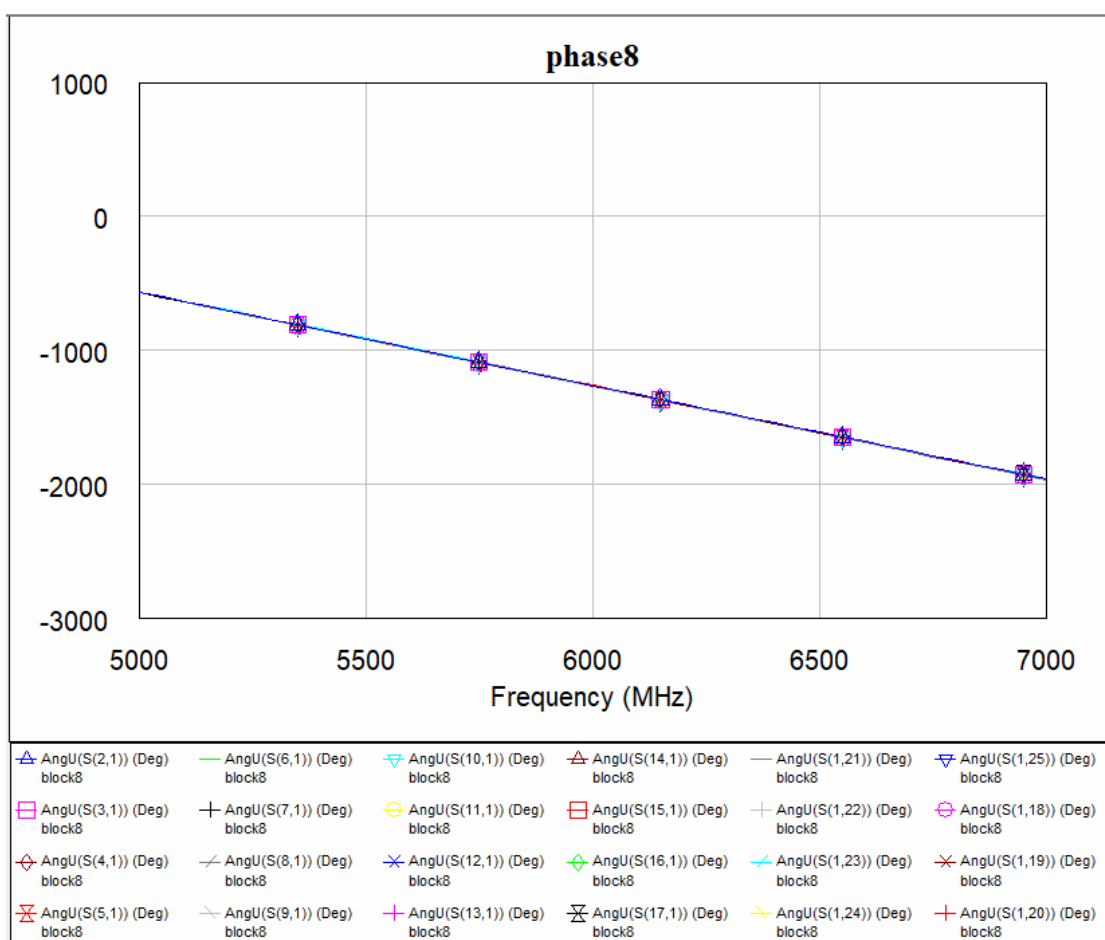


Рис. 8. Параметры фазы сигнала на выходах делителя мощности

Важным аспектом в области современной СВЧ электроники является миниатюризация устройств и их компактность. Конструкция делителя с расположением выходов на одном краю платы предполагает большие габариты устройства, а также неоправданно большие расходы на материалы заготовок. Поэтому выходы разработанного устройства расположены так же и с боковых сторон платы, что существенно уменьшает его габариты и оптимизирует пространство, занимаемое проводниками на плате.

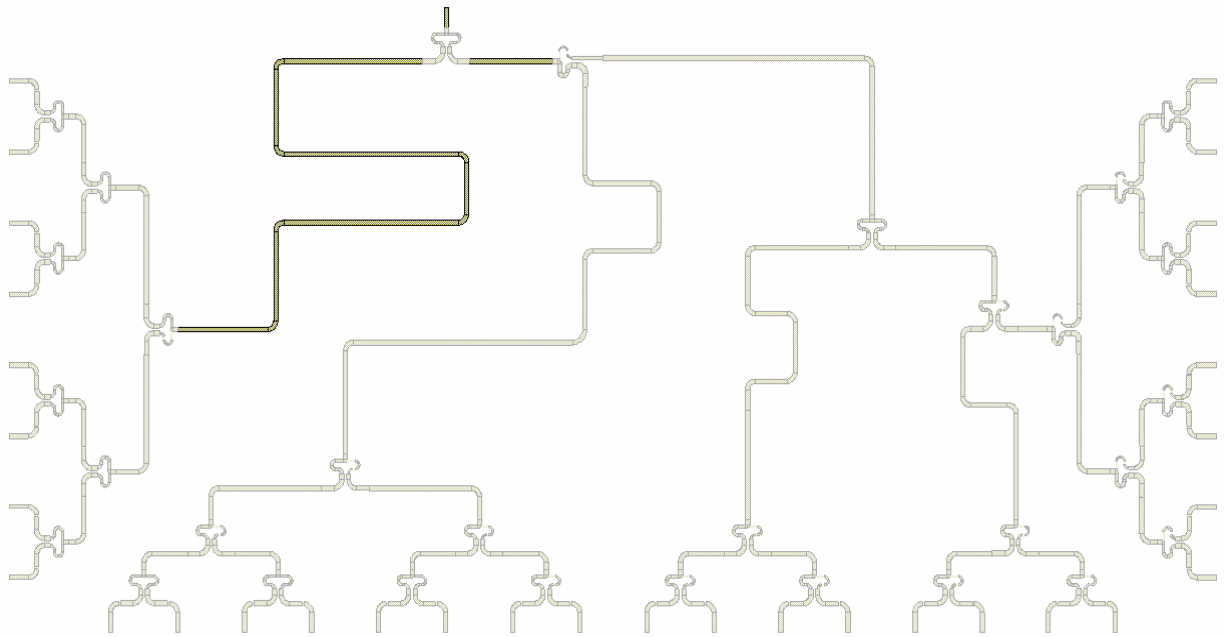


Рис. 9. МПЛ модель спроектированного устройства

Конструкция устройства была разработана с применением САПР электро-динамического моделирования AWRmicrowaveoffice.

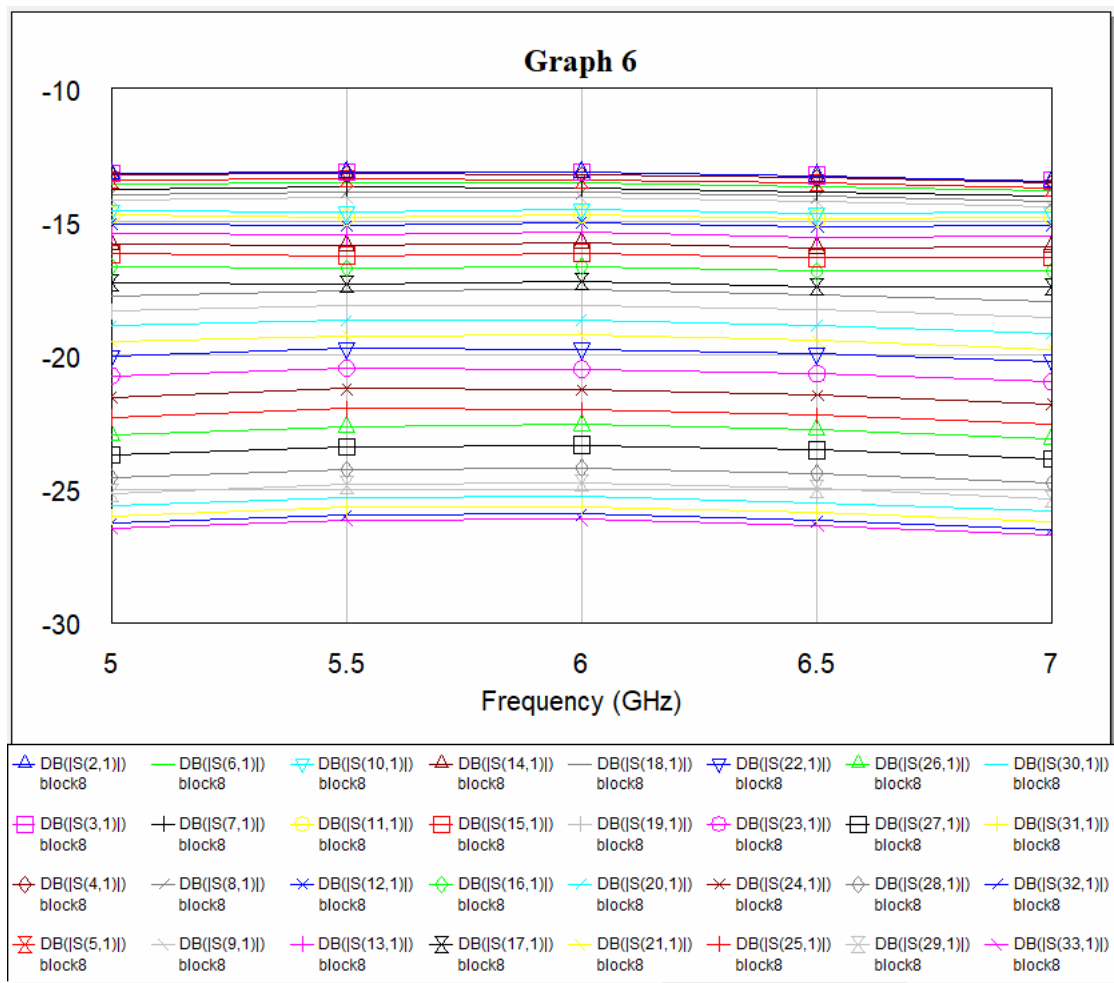


Рис. 10. Амплитудное распределение сигнала на выходах делителя мощности

Заключение

С помощью применения многокаскадной конструкции, основанной на модели делителя Уилкинсона, удалось оптимизировать конструкцию СВЧ делителя мощности, добившись требуемого амплитудного-фазового распределения на выходах устройства при работе в широком диапазоне частот. Были подобраны оптимальные параметры для обеспечения работоспособности устройства и проведен анализ его характеристик.

Литература

- [1] *Воскресенский Д.И. и др.* Устройства СВЧ и антенны. Изд. 2-е. М.: Радиотехника, 2006.
- [2] *Конструкции СВЧ устройств и экранов: учеб. пособие для вузов / АМ. Чернушенко [и др.].* – М.: Радио и связь, 1983. – 400 с.
- [3] *Передающие устройства СВЧ: Учеб. пособие для радиотехнич. спец. вузов/ Вамберский М.В., Казанцев В.И., Шелухин С.А; под ред. М.В. Вамберского* – М.; Высш. шк., 1984. - 448 с., ил.
- [4] *Харвей А Ф.* Техника сверхвысоких частот. Под ред. Сушкевича Том 1. М.: Советское радио, 1965.
- [5] *Ганстон М.А.Р.* Справочник по волновым сопротивлениям фидерных линий СВЧ / Под ред. Фрадина АЗ. – М.: Связь, 1976. – 150с.
- [6] *Авксентьев АА, Воробьев Н.Г., Морозов Г.А, Стахова Н.Е.* Устройства СВЧ для радиоэлектронных систем. Учебное пособие, 2004.
- [7] *Малорацкий Л.Г., Явин Л.Р.,* Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. - М.: Сов. радио, 1972. - 232 с.
- [8] *Микроэлектронные устройства СВЧ / Н.Т. Бова, Ю.Г. Ефремов, В.В. Конин и др.* - К.: Техника, 1984. - 184 с.

Тарасенко Фёдор Владимирович – студент ИУК1-41М Студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: tfv21ki763@student.bmstu.ru

Кяримов Эльшан Видадиевич – студент ИУК1-41М Студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: kyarimoveav@student.bmstu.ru

Андреев Дмитрий Владимирович – доцент, к.т.н. КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: dmitrii_andreev@bmstu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ТРЕХ ТИПОВ ЗАЩИТЫ ВЫВОДОВ МИКРОСХЕМ ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

В данном исследовании была проведена оценка стойкости трех типов защиты выводов микросхем от статического электричества. Были проведены испытания на микросхемах, где было проанализировано влияние каждого типа защиты на стойкость микросхем к статическому электричеству.

Ключевые слова: микросхема, пробой, защита, статическое электричество.

Цель данного исследования заключается в сравнительном анализе степени стойкости трех различных методов защиты выводов микросхем от статического электричества, проведенного на микросхемах одной серии. Основная задача исследования - определить наиболее эффективный метод защиты, который обеспечит наибольшую защиту от статического электричества при эксплуатации микросхем [1].

В качестве объектов испытаний были выбраны микросхемы одной серии и они были проведены по полному технологическому маршруту их изготовления в составе одной партии. Пробой проводился по выводам, на которых были сформированы внутрисхемные защиты [1].

Пробой защиты схем проводился по модели тела человека на установке «Молния-4КВ». Стенд имеет следующие технические характеристики: емкость разрядного конденсатора 100 пФ, сопротивление разрядного резистора 1,5 кОм, время нарастания испытательного импульса не более 15 нс. Пробой каждой схемы начинался со 100 В с шагом 50. После каждого испытания производился контроль параметров и визуальный контроль. Ниже показаны схемы используемых защит для данного исследования (рис. 1) [2].

Для защиты входов интегральных схем часто используют диодно-резистивные элементы или структуры, включающие в себя МОП-транзисторы в роли МОП-диодов и резисторы. Эти элементы помогают предотвратить повреждения входов ИС, вызванных статическим электричеством. В диодно-резистивной защите используются диоды и резисторы (рис. 1, А), которые ограничивают ток статического разряда, а в МОП-транзисторной защите используются МОП-транзисторы и резисторы (рис. 1, В), которые также помогают предотвратить повреждения входов ИС. Динамический элемент защиты состоит из резистора, конденсатора, инвертора (М1, М2) и n – канального транзистора (М3) (рис. 1, С). При подаче положительного воздействия СЭ инвертор открывает транзистор М3. Ток отрицательного воздействия СЭ протекает через диод транзистора М3 [3].

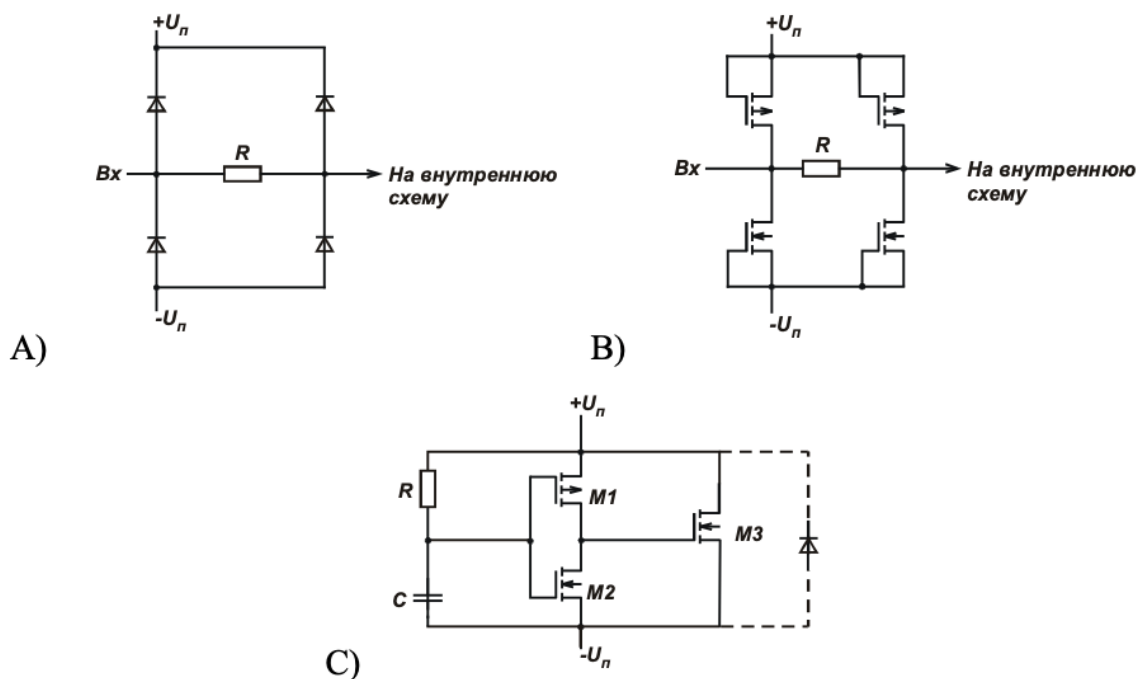


Рис. 1. Схемы защиты:.

- A) диодно-резистивная; B) МОП-транзисторная с заземленным затвором;
C) Динамическая схема защиты

Диодная защита (рис. 1, А) работает по принципу ограничения тока статического разряда. Для этого на вход интегральной схемы устанавливаются диоды, которые предотвращают проникновение статического разряда на вход и защищают внутренние элементы от повреждения. Диоды в защите могут быть установлены в разных конфигурациях, например, последовательно с входом или параллельно с ним. В обоих случаях диоды обеспечивают ограничение тока статического разряда до безопасного уровня, что позволяет защитить входы интегральной схемы от повреждения, результаты испытаний данной защиты приведены в таблице 1 [4].

Защита с использованием МОП-транзисторов (рис. 1, В) работает на основе управляемой проводимости полевого эффекта в МОП-транзисторах, которые используются в качестве МОП-диодов. В данной защите на вход ИС устанавливаются МОП-транзисторы с заземленным затвором, которые предотвращают проникновение статического разряда на вход и защищают внутренние элементы от повреждения. Когда на вход подается статический разряд, заряд на затворе МОП-транзистора изменяется, и транзистор становится проводящим, обеспечивая низкое сопротивление между входом и землей, что позволяет разряду стекать на землю и защищает входы ИС от повреждения. В этой защите также могут быть использованы резисторы для дополнительного ограничения тока статического разряда, результаты испытаний данной защиты приведены в таблице 2 [5].

Динамический элемент защиты (рис. 1, С) работает следующим образом. При подаче положительного статического электрического воздействия на вход защищаемой микросхемы, конденсатор начинает заряжаться через резистор.

Заряд на конденсаторе приводит к изменению логического уровня на входе инвертора, что в свою очередь приводит к открытию n-канального транзистора. Транзистор обеспечивает низкое сопротивление между входом и землей, и статический разряд разряжается через него, обеспечивая защиту микросхемы от повреждения, результаты испытаний данной защиты приведены в таблице 3 [6].

В случае подачи отрицательного статического электрического воздействия на вход защищаемой микросхемы, диод транзистора пропускает ток в обратном направлении, обеспечивая защиту микросхемы от повреждения. Диод работает как стабилитрон и ограничивает напряжение на входе микросхемы, что предотвращает повреждение ее внутренних элементов [7].

Таблица 1.

Результаты испытания диодной защиты

№ пластин	Величина статического потенциала U, В								
	100	200	300	400	500	600	700	800	900
1	-	-	-	-	-	-	-	+	+
1	-	-	-	-	-	-	-	+	+
1	-	-	-	-	-	-	-	+	+
2	-	-	-	-	-	-	+	+	+
2	-	-	-	-	-	-	+	+	+
2	-	-	-	-	-	-	+	+	+
3	-	-	-	-	-	-	-	-	+
3	-	-	-	-	-	-	-	-	+
3	-	-	-	-	-	-	-	-	+

В таблице 1 «-» означает, что схема выдержала пробой, а «+», то что пробой был достигнут. По результатам данного эксперимента 3 пластина оказалась самой стойкой к статическому электричеству (см. таблицу 1).

Таблица 2.

Результаты испытания транзисторной защиты с заземленным затвором

№ пластин	Величина статического потенциала U, В							
	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
1	-	-	-	-	-	-	-	+
1	-	-	-	-	-	-	-	+
1	-	-	-	-	-	-	-	+
2	-	-	-	-	-	-	+	+
2	-	-	-	-	-	-	+	+
2	-	-	-	-	-	-	+	+
3	-	-	-	-	-	-	-	+
3	-	-	-	-	-	-	-	+
3	-	-	-	-	-	-	-	+

По результатам данного эксперимента 1 и 3 пластина оказалась самой стойкой к статическому электричеству выдержав 1100 В.

Таблица 3.

Результаты испытания динамической схема защиты.

№ пластин	Величина статического потенциала U, В					
	1000	1100	1200	1300	1400	1500
1	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-

В результате испытания динамической защиты пробоя достичь не удалось ввиду ограничений установки [8].

В результате проведенного эксперимента было выявлено, что из трех типов защиты от статического электричества, динамическая схема защиты обеспечивает максимальную стойкость к статическому электричеству на микросхемах КПОМ.

Список литературы

[1] Андреев В.В., Барышев В.Г., Столяров АА Инжекционные методы исследования и контроля структур металл-диэлектрик-полупроводник – М: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана – 2004.

[2] Кечиев Л.Н., Пожидаев Е.Д. Защита электронных средств от воздействия статического электричества – М.: Издательский Дом "Технологии", – 2005. С. 79-85.

[3] Максимов И.В., Кузнецов В.В., Андреев В.В. Исследование модернизированной схемы защиты от электростатического разряда КМОП ИМС серии 1564 // Технологии электромагнитной совместимости. 2017. № 4 (63). С. 35 – 41.

[4] ОСТ 11 073.013-2008 «Микросхемы интегральные. Методы испытаний. Методы электрических испытаний».

[5] Andreev D.V., Maslovsky V.M., Andreev V.V., Stolyarov A.A. Modified Ramped Current Stress Technique for Monitoring Thin Dielectrics Reliability and Charge Degradation // Phys. Status Solidi A. 2022. Vol. 219. Is. 9. P. 2100400(1-5).

[6] Kuznetsov V. HBM, MM, and CBM ESD Ratings Correlation Hypothesis // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. 2018. Vol. 60. No. 1. P.107-114.

[7] Tseng J., Hwu J. Oxide-Trapped Charges Induced by Electrostatic Discharge Impulse Stress // IEEE Transactions on Electron Devices. 2007. Vol. 54. No. 7. P. 1666-1671.

[8] Andreev D.V., Bondarenko G.G., Andreev V.V., Maslovsky V.M., Stolyarov A.A. Modification of MIS Devices by Radio-Frequency Plasma Treatment // Acta Phys. Pol. A. 2019. Vol. 136. No. 2. P.263-266.

Филиппович Михаил Евгеньевич – студент ИУК1-41М, Бакалавр КФ МГТУ им. Баумана E-mail: fme17ki170@student.bmstu.ru

Андреев Дмитрий Владимирович – доцент, кандидат технических наук КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: dmitrii_andreev@bmstu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР В ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ ТИТАНОВОМ ДАТЧИКЕ КИСЛОРОДА, ВЫПОЛНЕННОМ ПО ГИБРИДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

В работе рассмотрена и описана топология титанового датчика кислорода, выполненного по гибридной технологии, осуществлен расчет сопротивления платинового нагревательного элемента для рабочей температуры датчика. Программно исследованы зависимости распределения температуры на плате датчика от приложенного напряжения к платиновому микронагревателю. Исследование проводилось в COMSOL Multiphysics.

Ключевые слова: датчик кислорода, распределение температуры, микронагреватель.

Датчики кислорода применяются в автомобильной промышленности, а также в космической промышленности, и служат для анализа состава продуктов сгорания топлива в двигателях внутреннего сгорания [1-5]. Он является важнейшим датчиком автомобилей с инжекторным впрыском топлива. Основная задача датчика - создать условия для работы каталитического нейтрализатора выхлопных газов [6].

Топология чувствительного элемента датчика кислорода приведена на рисунке 1.

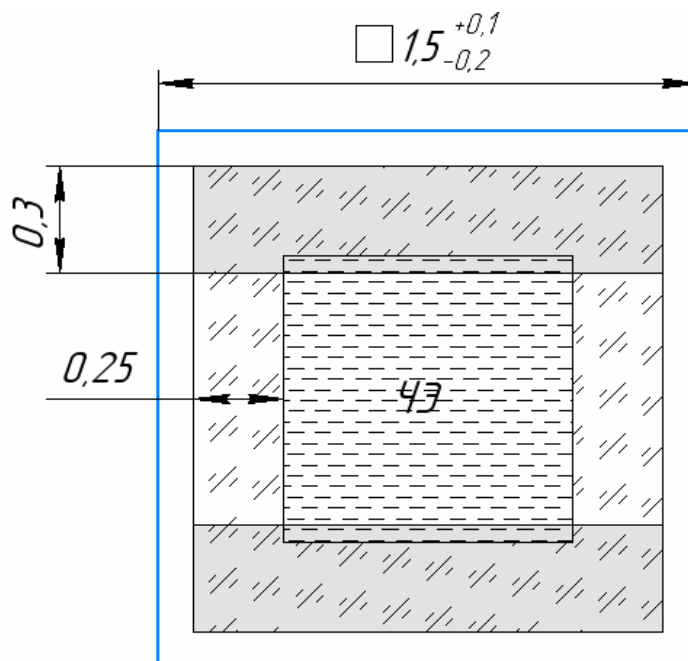


Рис. 1. Топология чувствительного элемента

На поверхности керамической пластины сформированы золотые электроды, к которым прикладывается напряжение. По бокам сенсорного вещества сформирован диэлектрический барьерный подслои. Золотой и диэлектрический

слои сформированы методом трафаретной печати. Наличие диэлектрического подслоя обусловлено с целью ограничения растекания сенсорного вещества. Также он предназначен для повышения уровня адгезии золотой пасты к керамической подложке [7].

Топология нагревательного элемента, сформированного на обратной стороне датчика, представлена на рисунке 2.

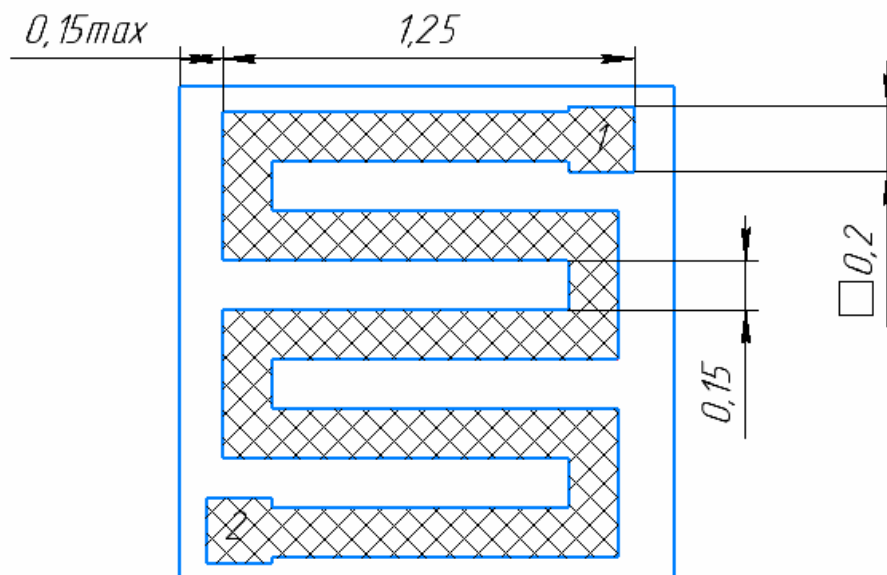


Рис. 2. Топология резистивного нагревателя

Данный резистор имеет сопротивление 4,2 Ом при нормальных условиях. Толщина резистора – 12 мкм [8].

Для учета температурного коэффициента сопротивления предположим, что значение сопротивления платинового резистора соответствует значению сопротивления при 700 °С.

Для расчета необходимого сопротивления нагревателя используем уравнение (1):

$$\Delta R = R_0 \cdot TCR \cdot \Delta T \quad (1)$$

где: R_0 – сопротивление платинового резистора при +25 °С; ΔT – изменение температуры, °С. В нашем случае это 675°С; TCR – температурный коэффициент сопротивления платины при 25°С равный $3,9 \cdot 10^{-3} \left[\frac{1}{^\circ\text{C}} \right]$

Вычислим ΔR из выражения (1), имеем:

$$\Delta R = 4.2 \cdot 3.9 \cdot 10^{-3} \cdot 675 = 11,0565 \text{ [Ом]}$$

Полученное числовое значение ΔR показывает, насколько увеличится сопротивление резистора. Следовательно, при температуре в 700 °С сопротивление платинового микронагревателя будет составлять 15,25 Ом.

Импортированная упрощенная 3D модель датчика в программу Comsol показана на рисунке 3.

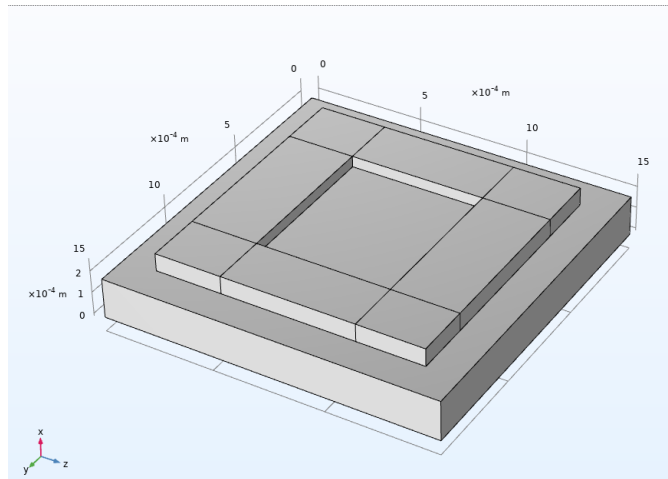


Рис. 3. Импортированная модель платы в Comsol

Для определения теоретического значения мощности тепловыделения резистора, воспользуемся формулой 2:

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (2)$$

где: U – напряжение, прикладываемое к контактам микронагревателя (5 Вольт); R – Сопротивление платинового нагревателя при рабочей температуре.

Вычислим R из выражения (2), имеем:

$$P = \frac{25}{15,25} = 1,6 [Вт]$$

Распределение температуры при мощности микронагревателя в 1,6 Вт представлено на рисунках 4 и 5.

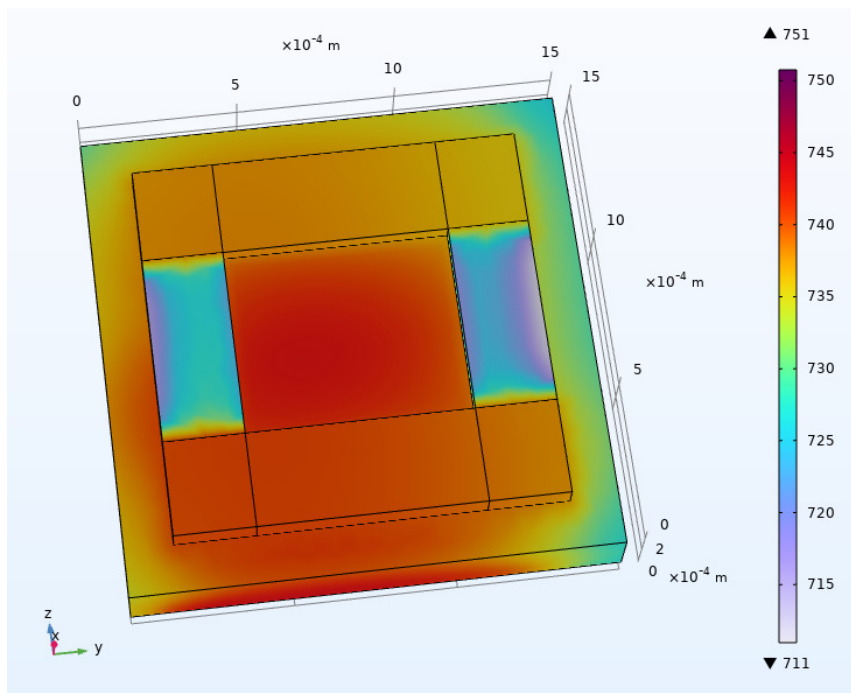


Рис. 4. Распределение температуры на поверхности датчика при $P = 1,6$ Вт

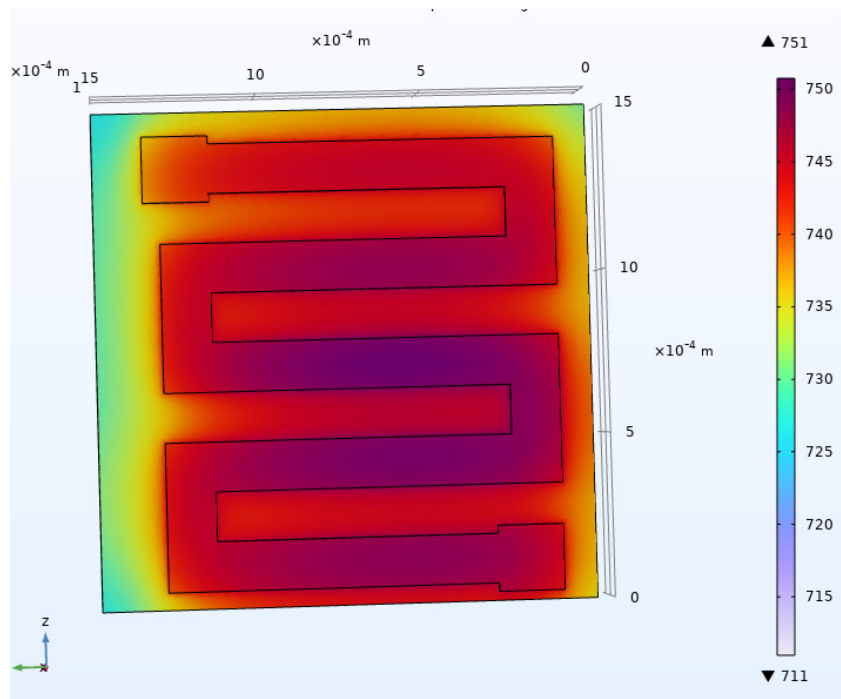


Рис. 5. Распределение температуры на обратной стороне датчика при $P = 1,6$ Вт

Заклучение

Из приведенных моделей температурных распределений видно, что максимальная температура платы датчика составляет $751 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (на платиновом микронагревателе). В свою очередь температура сенсорного вещества составляет примерно $743 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Полученная температура соответствует рабочей температуре титановых датчиков кислорода. Следовательно, можно сделать вывод, что мощности тепловыделения платинового резистора в 1.6 Ватта будет достаточно, чтобы вывести датчик в рабочий режим и в дальнейшем поддерживать его корректную работу.

Диэлектрический барьерный слой имеет температуру в диапазоне $711 - 730$ и является наименее нагретым элементом конструкции. Данное явление обусловлено незначительным коэффициентом теплопроводности.

Список литературы

[1] Andreev D.V., Bondarenko G.G., Andreev V.V., Stolyarov A.A. Use of High-Field Electron Injection into Dielectrics to Enhance Functional Capabilities of Radiation MOS Sensors // Sensors. **2020**. V.20. Is.8. P.2382(1-11).

[2] Andreev V.V., Bondarenko G.G., Andreev D.V., Stolyarov A.A. Use of MIS Sensors of Radiation in High-Field Electron Injection Modes // Journal of Contemporary Physics (Armenian Academy of Sciences), 2020, Vol. 55, No. 2, pp. 144–150.

[3] Holmes-Siedle A., Adams L. RADFET: A review of the metal-oxide-silicon devices as dosimeters use of integrating // Radiat. Phys. Chem. 1986. Vol.28. P.235-244.

[4] Ristic G.S., Vasovic N.D., Kovacevic M., Jaksic A.B. The sensitivity of 100 nm RADFETs with zero gate bias up to dose of 230 Gy(Si) // Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B. 2011. Vol.269. P.2703–2708.

[5] Kulhar M., Dhoot K., Pandya A. Gamma Dose Rate Measurement Using RadFET // IEEE Trans. Nucl. Sci. 2019. Vol.66. P.2220-2228.

[6] Литвиненко В.В., Майструк АП. Автомобильные датчики, реле и переключатели. Краткий справочник. Москва, Изд-во За рулем, 2008, 177 с

[7] Гаман В. И. Физика полупроводниковых газовых сенсоров. Нац. исслед. Томский гос. ун-т. - Томск : Изд-во НТЛ, 2012. URL: [http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000426793_\(дата обращения 27.03.2023\)](http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000426793_(дата_обращения_27.03.2023))

[8] Мишенев Р.А, Адарчин С.А, Бочарова М.В. Гибридный полупроводниковый газочувствительный сенсор. Инновации. Наука Образование. – 2022. – № 52. – С. 597-603

Усачев Алексей Николаевич – студент ИУК1-41М, Бакалавр КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: usachev-11999@mail.ru

Андреев Дмитрий Владимирович – доцент, кандидат технических наук КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: dmitrii_andreev@bmstu.ru

КОЭФФИЦИЕНТ ПОДАВЛЕНИЯ СИГНАЛА В МИКРОСХЕМАХ АНАЛОГОВЫХ КЛЮЧЕЙ

Предложены конструкторско-технологические пути решения проблемы получения требуемого коэффициента подавления сигнала в микросхемах аналоговых ключей, изготовленных по КМОП технологии, с использованием структур кремний на изоляторе. Описана предложенная схемотехника и структуры МОП транзисторов для микросхем аналоговых ключей.

Ключевые слова: интегральная микросхема, коэффициент подавления сигнала, МОП транзистор, ёмкость транзистора, встроенный канал.

В стандартном виде схемотехника микросхем КМОП аналоговых ключей состоит из дешифратора, преобразователя уровня и выходного каскада

У интегральных микросхемах КМОП серии - аналогово коммутатора видеосигналов со схемой управления (видео коммутатора), в технических условиях заложено измерение параметра - коэффициента подавления сигнала между каналами $K_{\text{под}}$. Это отношение переменной составляющей коммутируемого напряжения открытого канала интегральной микросхемы к переменной составляющей выходного напряжения на любом другом закрытом канале при отсутствии на нем коммутируемого напряжения.

Согласно ГОСТ 27780-88 раздел 7 [1]: метод измерения $K_{\text{под}}$ основан на измерении переменной составляющей выходного напряжения закрытого (открытого) канала при подаче на аналоговый вход коммутируемого напряжения переменного тока. Значение коэффициента подавления сигнала разомкнутого ключа в децибелах определяют по формуле (1).

$$K_{\text{под}} = 20 \lg \frac{U_{\text{вх}} \cdot K_{\text{пф}}}{U_{\text{вых}}}, \quad (1)$$

где $U_{\text{вх}}$ — измеренное напряжение на аналоговом входе, $U_{\text{вых}}$ — на аналоговом выходе, $K_{\text{пф}}$ — коэффициент передачи полосового фильтра

Пропускная способность закрытого транзистора зависит от его емкости [2, 3]. Чем больше ёмкость, тем лучше пропускная способность. На рис. 1 представлен условный МДП транзистор в виде емкостей.

Ёмкостями подложки можно пренебречь, поскольку она является относительно мала. Следовательно, ёмкость транзистора формируется из площади перекрытия сток/истоковых областей и подзатворного диэлектрика [5]. У микросхемы видео коммутатора в сток истоковых областях формируются дополнительные «ушки», понижающие транзистору емкость, в связи с чем коэффициент подавления сигнала увеличивается.

Обычная конструкция транзисторов в КМОП микросхемах аналоговых ключей не позволяет получать $K_{\text{под}}$ требуемой величины, поэтому отличительная особенность рассматриваемой микросхемы от других КМОП микросхем в особой схемотехнике выходного ключа [4].

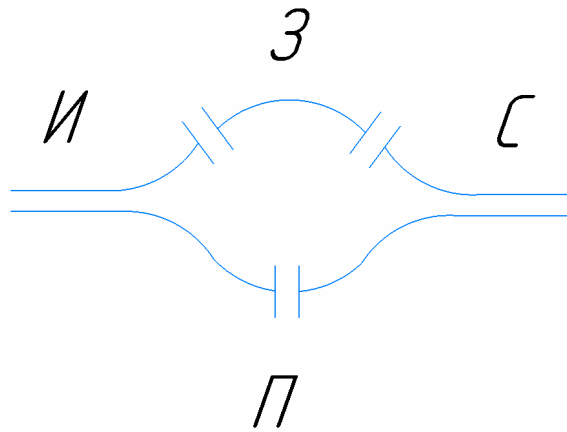


Рис. 1. Условный транзистор в виде емкостей

В выходном каскаде видео коммутатора присутствуют транзисторы со встроенным каналом. Готовая структура кристалла будет иметь следующий вид [6]:

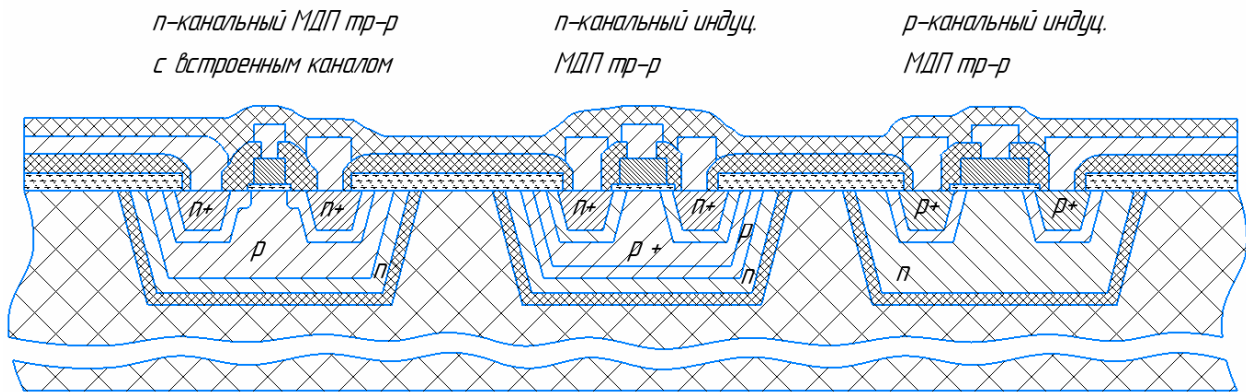


Рис. 2. Структура кристалла

Заключение

Предложена конструкция и технология изготовления МОП транзистора с индуцированным каналом, имеющего низкое пороговое напряжение. Он обладает характеристиками сходными с транзистором со встроенным каналом. За счёт дополнительных «ушек» в сток истоковых областях емкость транзистора уменьшается, благодаря чему коэффициент подавления сигнала достигает требуемой величины.

Список литературы

- [1] ГОСТ 27780-88. Микросхемы интегральные. Коммутаторы и ключи. Методы измерения электрических параметров. Москва, Изд-во стандартов, 1990, 45 с.
- [2] Костенков, В. А Совершенствование МДП транзисторов для интегральных микросхем // Научные достижения: теория, методология, практика: Сборник научных трудов по материалам IX Международной научно-практической конференции, Анапа, 28 июня 2019 года 2019. С. 24-27.

[3] Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. Москва: «Высшая школа» 1981 г. – 429 с.

[4] Пиганов, М.Н., Волков, АВ., Меркулов, АИ. Анализ конструкций полупроводниковых интегральных микросхем: метод. указания. – Самара: Издательство Самарского государственного аэрокосмического университета 2010. 20с.

[5] Тогонский Л.А Проектирование интегральных микросхем и микропроцессоров: Учебное пособие. В 3-х разделах. – Томск: ТУСУР, – Раздел 1. – 254 с.

[6] Андреев В.В., Двухшерстнов АС., Гурин В.М., Шмелькова АА, Мельникова Я.В., Филлипович М.Е. Особенности формирования транзисторов со встроенным и индуцированным каналом в одном КМДП технологическом процессе // Оригинальные исследования (ОРИС). 2023. Выпуск Том 13, Выпуск 2. С.78-88.

Двухшерстнов АС. – студент, бакалавр АО "Восход" – КРЛЗ. E-mail: dvukhsherstnovas@student.bmstu.ru

Андреев Владимир Викторович – преподаватель, доктор технических наук КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: andreev-eic@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЛСТОПЛЕНОЧНЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАГРЕВА

В настоящее время промышленностью выпускается достаточно широкий ассортимент бытовых и промышленных электротоваров. В последние годы устройство электротоваров претерпевает существенные изменения благодаря широкому внедрению микроэлектроники и новейших нагревательных элементов (толстопленочных). Расширяется производство товаров с повышенными функциональными возможностями. Непрерывно совершенствуется ассортимент в направлении повышения их качества, увеличения продолжительности действия.

Ключевые слова: Толстопленочная технология, нагревательный элемент, резистор.

Нагревательные элементы имеют широкое применение в современном мире. Они активно используются в:

- бытовой сфере жизни человека, например обогреватели для обогрева квартиры, электронных чайниках вскипятить воды;
- широко применяется в сельскохозяйственных нагревательных установках;
- автомобилестроении (подогрев стекол);
- различных датчиках и сенсорах (газоанализатор);

Рынок, в данный момент, не менее чем на 95 %, насыщен нагревательными элементами на основе «нити накала», проволоки с высоким сопротивлением на основе которой выпускается большой ассортимент «ТЭНов». ТЕН представляет собой нихромовую спираль, вставленную в стальную трубку, наполненную кристаллической смесью магния. Такая система не является герметичной, и в процессе работы спираль окисляется и постепенно разрушается. Особенно ускорен этот процесс в ТЕНах, работающих при высоких температурах (800°С и выше), что чаще всего достигается при отсутствии достаточного теплосъема [1]. Данный тип нагревательных элементов хоть и широко используется, имеет множество недостатков:

- непродолжительный срок службы;
- малая площадь теплообмена;
- в большинстве случаев – это трубка, что усложняет теплопередачу, например к плоским поверхностям.

Метод косвенного электронагрева широко применяется в сельскохозяйственных нагревательных установках. В подавляющем большинстве нагревательные элементы при этом выполняются в виде спиралей или узких лент из жаропрочных дефицитных и дорогостоящих сплавов (нихром, фехраль и др.) и специальных кабелей (типа КСОП и др.) [2].

Способ нагрева посредством проволочных элементов сопротивления имеет целый ряд недостатков. К их числу относятся: низкий коэффициент использования электроэнергии, малая скорость нагрева, значительный расход дефицитных металлов и другие.

При эксплуатации вследствие незначительной поверхности теплоотдачи нагревательного элемента и малой теплопроводности изоляции возникает его перегрев, что, во-первых, снижает срок службы нагревателей из-за большой температуры на его поверхности и, во-вторых, при необходимости затрудняет создание равномерного температурного поля на обогреваемой поверхности установки.

В виду всего этого все более актуальным становится широкое внедрение толсто пленочных (плоских) нагревательных элементов, которые значительно изменяют потребительские свойства привычных электрических устройств в микроэлектронике [3].

В настоящей работе рассматриваются вопросы, эффективности пленочного нагревателя, выполненного по толсто пленочной технологии.

Толсто пленочная технология позволяет получить пленки проводникового слоя толщиной от единиц до несколько десятков микрометров в стандартном исполнении, а для силовой электроники и сотен микрометров [4]. Толсто пленочная технология производства гибридных интегральных схем (ГИС) получила широкое применение в производстве, датчиков различного уровня и предназначения, например датчики уровня топлива для автомобилей, нагревательные резисторы.

Для проверки эффективности работы толсто пленочного нагревателя, были разработаны и изготовлены ряд резисторов на пастах с низким температурным коэффициентом сопротивления.

Метод исследования заключается в следующем: на нагревательный элемент, при помощи термоклей, приклеивали термопару и считывали температуры с термопары от приложенной мощности к нагревателю. Номинал резисторов составлял 135 Ом.

Было создано несколько вариантов исполнения таких образцов:

1. Свободный нагреватель, термопара приклеена на резистор;
2. Свободный нагреватель, термопара приклеена на обратной стороне резистора;
3. Нагревательный элемент приклеен на алюминиевую пластину, термопара на резистор.

Результаты эксперимента показаны на рис. 1-3.

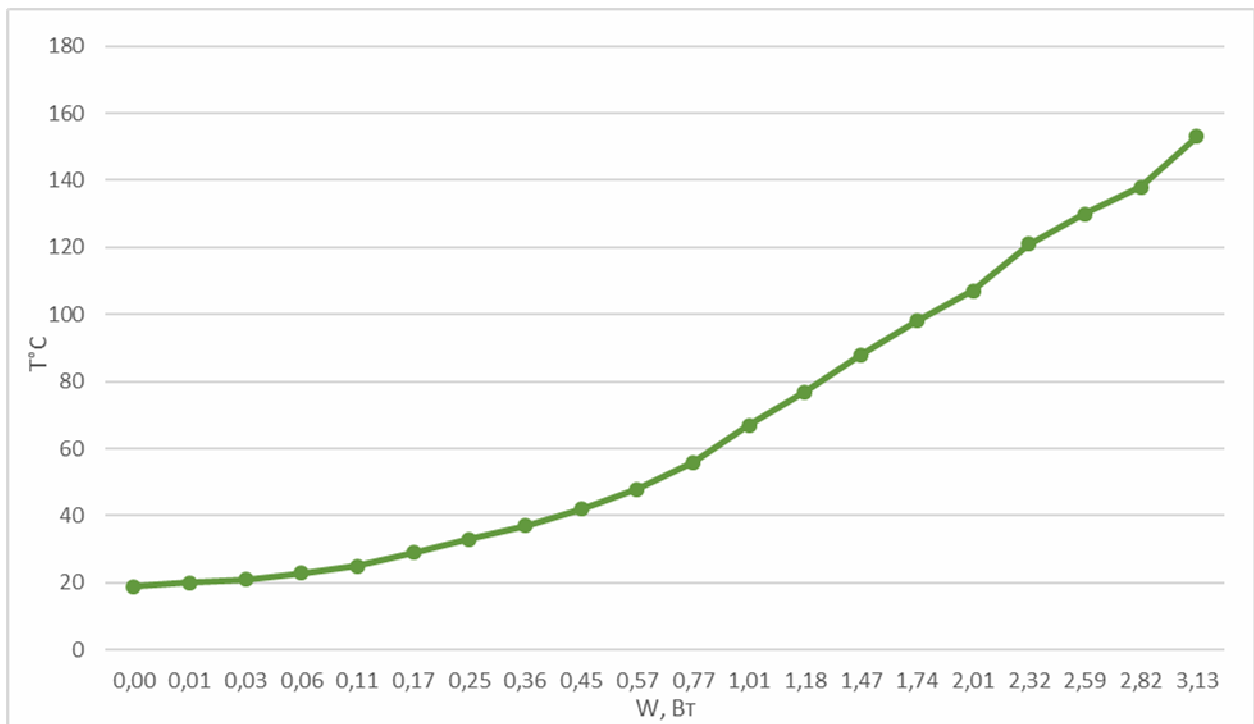


Рис. 1. Свободный нагреватель, термопара приклеена на резистор

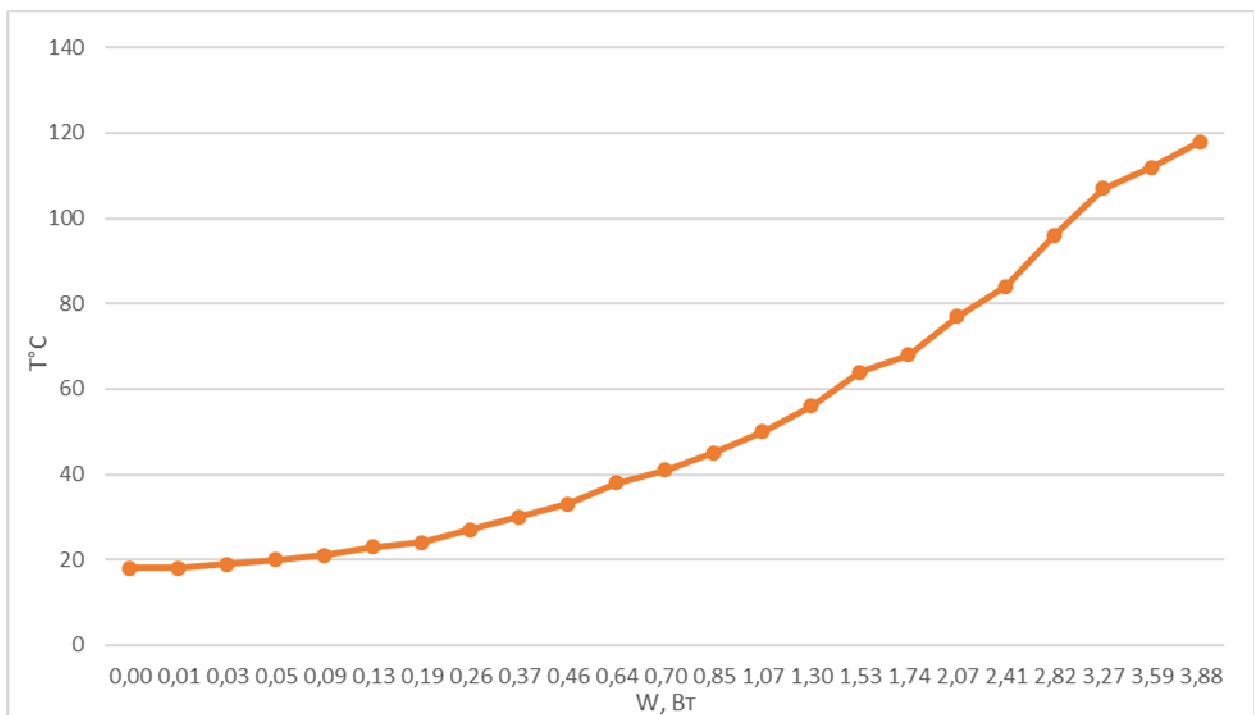


Рис. 2. Свободный нагреватель, термопара приклеена на обратной стороне резистора

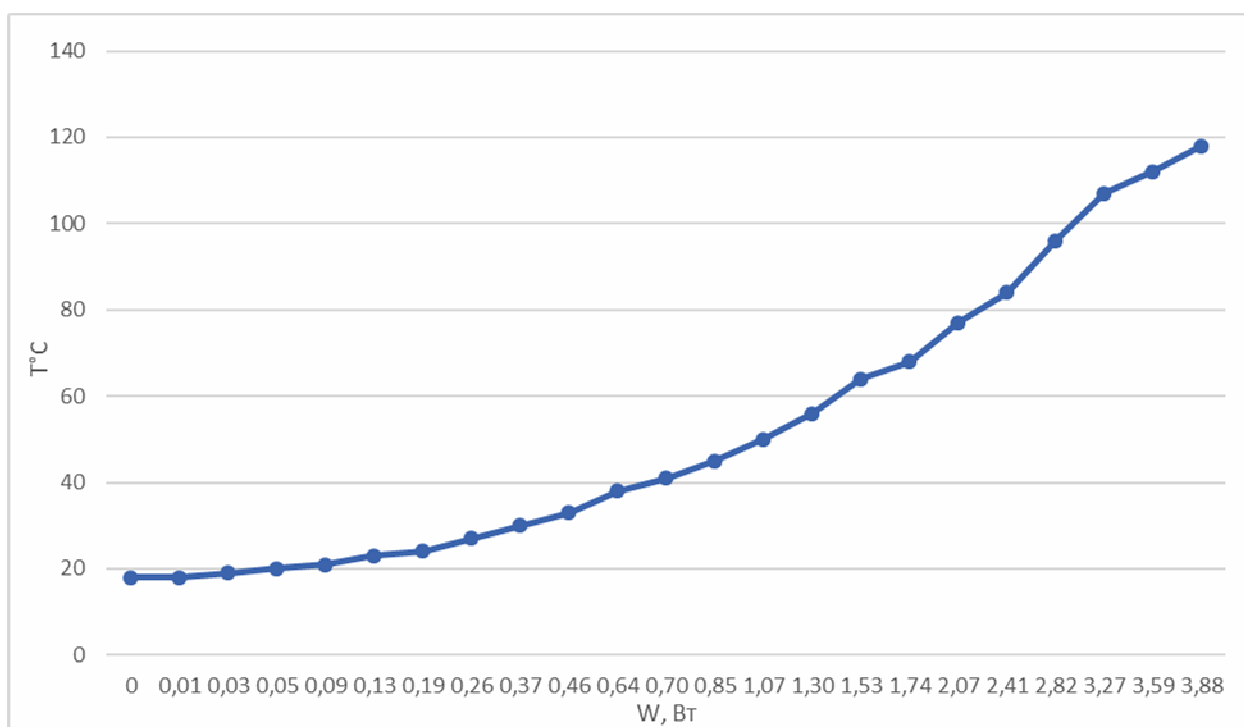


Рис. 3. Нагревательный элемент приклеен на алюминиевую пластину, термопара на резистор

После достижения мощности выше 3,1 Вт, припой, которым были припаяны провода для подачи напряжения, начал оплавляться.

Было принято решение присоединиться к контактным площадкам с помощью «крокодилов», чтобы избежать разрыва цепи из-за оплавления. Таким способом удалось получить на поверхности нагревателя температуру в 310 °С при мощности в 5 Вт, после этого термоклей начал дымиться и эксперимент решено было прервать.

Заключение

Из рисунков 1-3, можно сделать вывод об эффективности нагревательных элементов выполненных по толсто пленочной технологии. Они обеспечивают быстрый нагрев при достаточно низкой мощности, малую массу и, подобно тонкой пленке, возможность размещать нагревательный элемент в конструкциях с ограниченным пространством.

Список литературы

[1] Коваленко АА, Петропавловский М.Д., Толсто пленочные элементы в микроэлектронике. Основы проектирования и изготовления. - М.: Радиотехника, 2011.

[2] Ярочкина Г.В., Радиоэлектронная аппаратура и приборы. Монтаж и регулировка - М.: Академия, 2011.

[3] Красов, В. Г. Толсто пленочная технология в СВЧ микроэлектронике / В. Г. Красов, Г. Б. Петаускас, Ю.С. Чернозубов.- М.: Радио и связь, 1985- 98-103с.

[4] Потенциал толсто пленочной технологии / М.А Васютин, Д.П. Островский, С.А Адарчин, В.М. Гурин // Наноиндустрия 2020/ Т. 13, № S4(99). – С. 184 – 185.

Гурин Виталий Михайлович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: vitaly.gurin918@yandex.ru

Адарчин Сергей Александрович – доцент кафедры "Материаловедение и химия", канд. техн. наук КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: usachev-11999@mail.ru

ШТЫРЕВЫЕ АНТЕННЫ ВОЗИМЫХ РАДИОСТАНЦИЙ

Антенны передвижных станций должны иметь круговую диаграмму направленности, поскольку при движении автомобиля, его местоположение относительно сторон света может меняться.

Наиболее оптимальным вариантом автомобильной антенны является штыревая автомобильная антенна, установленная в центре крыши автомобиля (рис. 1). Диаграмма направленности такой антенны будет практически круговая. Худшие результаты будут при установке антенны на крыле или на заднем бампере автомобиля. Вследствие несимметричности ее установки, в диаграмме направленности такой антенной системы будут минимумы и максимумы, что может привести к потере связи при изменении направления движения автомобиля [1].

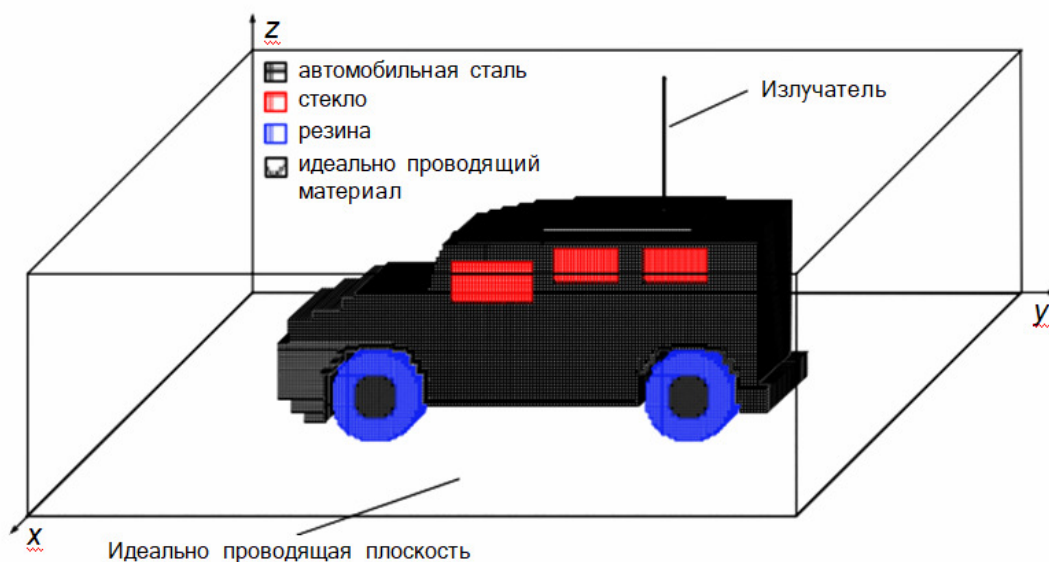


Рис. 1. Штыревая автомобильная антенна

Излучающим элементом этой автомобильной антенны является штырь. Чем выше его длина, тем эффективней будет работать антенная система, особенно на низкочастотных КВ – диапазонах. Возможности по увеличению высоты этого штыря ограничены. Ограничения обусловлены прочностными характеристиками штыря, который при движении автомобиля с ускорением испытывает значительные нагрузки, так и габаритными размерами транспортного средства, обусловленного его движением в городе под проводами троллейбусов, трамваев, линий электропередачи, в туннелях и под мостами.

Реально, для построения автомобильных вертикальных антенн, используют штырь длиной от 1 до 3 метров. Сопротивление излучения такого штыря на низкочастотных диапазонах будет мало и, следовательно, эффективность работы такой антенны будет низка. Малый коэффициент полезного действия антенной системы будет обусловлен трудностями согласования низкого сопротивления излучения штыря и сложностью обеспечения соответствующей эффективной за-

земляющей системы для этой антенны. Но, начиная от диапазона 20 м, используя вертикальная антенна высотой 2 м, будет работать с высоким коэффициентом полезного действия. На графиках, приведенных на рис. 2 показано сопротивление излучения вертикальной части антенны в любительских КВ - диапазонах 30-160 м, а на графиках приведенных на рис. 3 сопротивление излучения штыря в любительских КВ - диапазонах 6-20 м [2].

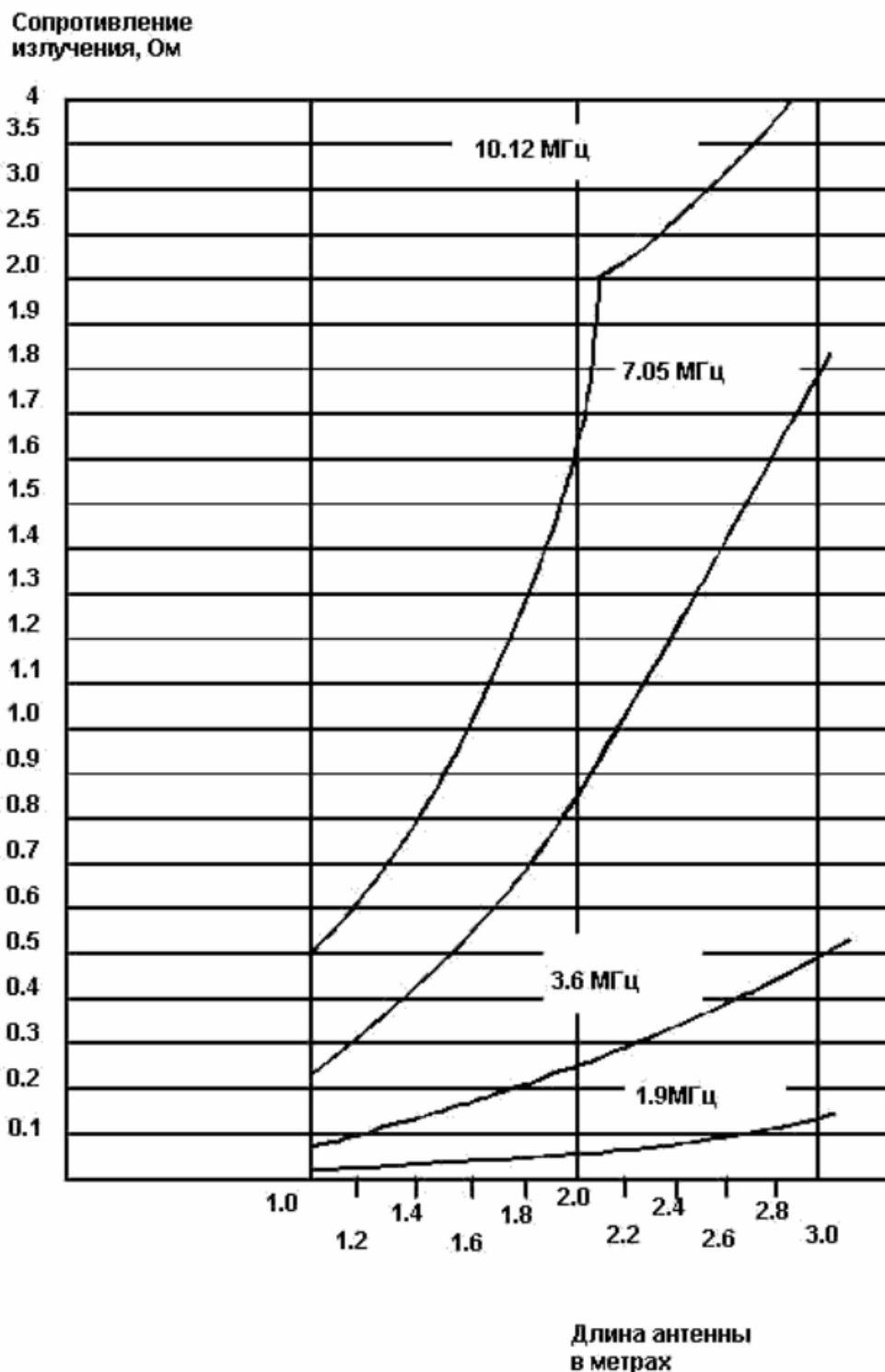


Рис. 2. Сопротивление излучения штыря в любительских КВ – диапазонах 30-160 м

Сопrotивление
излучения, Ом

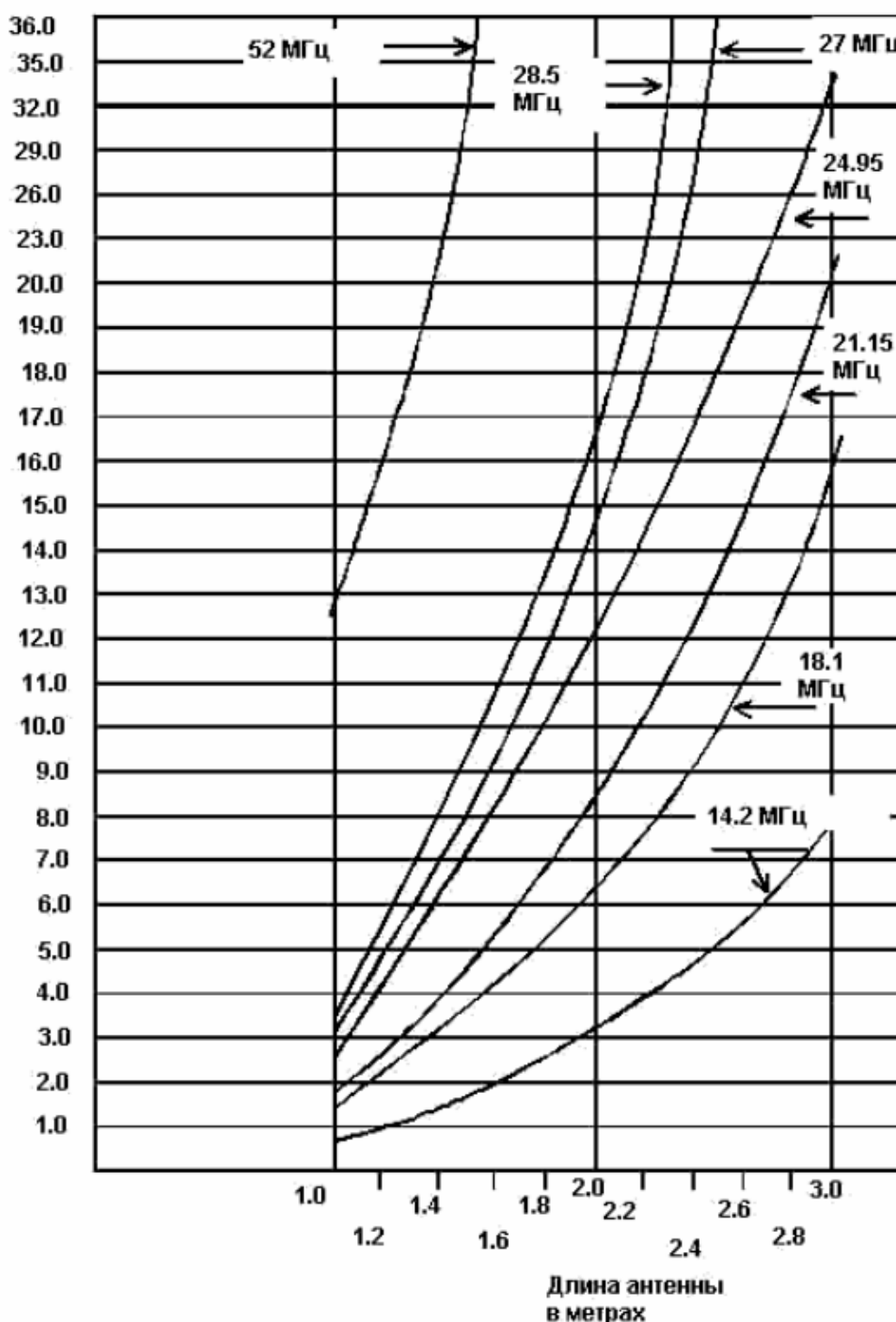


Рис. 3. Сопrotивление излучения штыря в любительских
КВ – диапазонах 6-20 м

Установка антенны в автомобиле показана на рис. 4. Штырь антенны «А» коротким проводником «В» соединен с блоком согласования «С» и коротким отрезком коаксиального кабеля соединен с трансивером. В этой схеме антенной системы высота штыря «А» должна быть максимально возможной, так как именно он обеспечивает излучение антенны. Проводник «В» находится внутри

автомобиля и в излучении радиоволн во внешнее пространство не принимает участия. Его емкость на корпус автомобиля входит в общую емкость штыря антенны на «землю». Следовательно, чем больше величина емкости участка «В» на «землю», по отношению к величине емкости штыря антенны «А» на «землю», тем меньше КПД антенной системы.

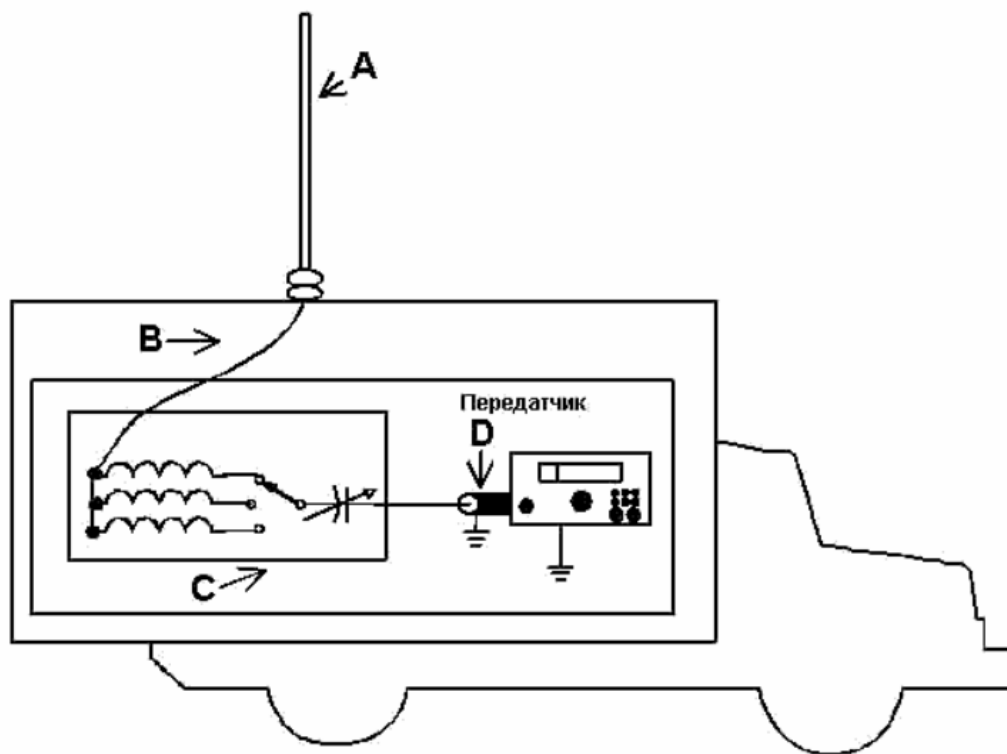


Рис. 4. Установка антенны в автомобиле показана

Недопустимо использовать в качестве провода «В» коаксиальный кабель с подключенной к корпусу автомобиля оплеткой. Отрезок «В» должен быть жестко зафиксирован в пространстве, так как при изменении его положения относительно корпуса автомобиля будет меняться его емкость на «землю», следовательно, и резонансная частота антенны. Этот участок можно выполнить из коаксиального кабеля внешним диаметром 9-14 мм со снятой оплеткой. Полезно определить емкость антенны «А» на корпус автомобиля, а затем совместную емкость частей «А» и «В» на корпус, чтобы судить о потерях в соединительной части «В». Емкость на «землю» частей «А» и «В» необходимо знать для расчета значения индуктивности удлиняющих катушек.

На выходе согласующего устройства будет высокое высокочастотное напряжение во время передачи, что необходимо учитывать в конструкции антенного опорного изолятора. Необходимо стремиться к тому, чтобы длина отрезка «D» была минимально возможной. Реально длина коаксиального кабеля от трансивера до согласующего устройства может быть в пределах 2-4 метра. Крайне важно обеспечить хороший электрический контакт с корпусом автомобиля оплетки коаксиального кабеля в двух точках – в месте подключения кабеля к согласующему блоку «С» и в месте подключения к трансиверу [3].

Список литературы

[1] Биккенин, Р. Р. Теория электрической связи: учеб. пособие для вузов / Р. Р. Биккенин, М. Н. Чесноков. – Москва: Академия, 2010. – 327 с. – Гриф: Рек. УМО; ISBN 978-5-7695-6510-6

[2] Сосунов Б.В., Ульянов С.А, Савлук АВ. Методика и алгоритм расчета электромагнитных волн, возбуждаемых излучателем, установленным на подвижном объекте радиосвязи // Научно-технический сборник «Труды академии». № 93. СПб.: ВАС, 2016. С. 61-66 .

[3] Макаренко С. И. Описательная модель сети связи специального назначения // Системы управления, связи и безопасности. 2017. № 2. С. 113-164.

Разумков Игорь Сергеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: rrazumkovv@mail.ru

Андреев Владимир Викторович – зав. кафедрой, профессор КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: vladimir_andreev@bmstu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ МОДЕЛИ ПРИЁМНОГО УСТРОЙСТВА УКВ КАНАЛА СВЯЗИ С ВЕРОЯТНОСТЬЮ ОШИБКИ В КАНАЛЕ ОКОЛО 0,03

Показано, что в современной аппаратуре связи на данный момент принято использовать сигнально-кодovou конструкцию, основанную на двухступенчатом коде. На вторую ступень кода, чаще всего, приходится код Рида-Соломона, который необходим для борьбы с группирующимися ошибками, исправления ошибок в словах которые перешли на вторую ступень декодирования и для формирования слов в блоки сообщений во время передачи. Код Рида-Соломона стал универсальным для любого канала связи с любой вероятностью ошибки как вторая ступень кодирования/декодирования. Однако для первой ступени найти настолько универсальный код не удалось. В зависимости от типа канала связи, вероятности ошибки в канале, количества передаваемых бит и необходимой скорости работы выбирают необходимый код. В данной статье предложены две сигнально-кодové конструкции, которые предположительно можно использовать для вероятности ошибки в канале в 3%.

Ключевые слова: канал связи, приемное устройство, код Хемминга, код с проверкой на четность.

Основной задачей этого исследования будет выбор и сравнение различных кодов для первой ступени сигнально-кодовой конструкции.

Основанием выбора кодов помимо выше перечисленных пунктов, стала также избыточность в выбранном коде [1]. Кода для исследования:

- код с проверкой на четность (31,30) (код Бека, так как он первым предложил использовать данную сигнально-кодovou конструкцию);
- код Хемминга (31,26).

Метод исследования заключается в создании модели имитирующей УКВ канал, в который путем случайной генерации вносился процент ошибки равный 3%. В этой модели также происходит процесс декодирования по коду с проверкой на четность (синдромное декодирование, так как кодовое расстояние не четное и равно 1, если ошибка возникает в диапазоне от 2 до 29 бита, принимается, что код с проверкой на четность не может исправить данную ошибку, и производит стирание) и коду Хемминга (синдромное декодирование, так как кодовое расстояние не четное, если ошибка возникает в диапазоне от 4 до 22 бита, принимается, что код Хемминга не может исправить данную ошибку, и производит стирание) [2].

Для получения результатов сравнения в программе Майкрософт Эксель была написана программа, которая выводила следующие значения:

- вероятность ошибки будет равна 3%;

- длина сообщений составляет 4096 бит;
- число слов при заявленном количестве элементов составляет 132 слова;
- общее количество вносимых ошибок – это число ошибок, которое вносится в соответствии с вероятностью ошибки;
- общее число битовых ошибок в сообщении – это число ошибок, которое код не смог исправить и после коррекции передает на вторую ступень декодирования;
- результирующая разность в ошибках – это значение разности в ошибках, между общим количеством вносимых и ошибками, переданными на вторую ступень кодирования, при этом: если стоит знак «-», то код справляется с данным числом ошибок на данной вероятности;
- количество правильно принятых слов – это количество слов, прошедших процесс декодирования и не содержащие ошибки;
- количество слов принятых с трансформацией – это количество слов, в которых содержатся ошибки.
- количество стираний – это количество стираний 31-разрядных слов, переданных на вторую ступень декодирования [3].

Результаты моделирования кода Хемминга и кода с проверкой на четность на вероятности ошибки 3% по УКВ каналу приведены в табл. 1 и 2 ниже.

Таблица 1.

Результаты при вероятности ошибки в канале 3% для кода с проверкой на четность

Номер эксперимента в серии	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Общее количество вносимых ошибок	122	107	142	132	138	121	130	106	131	135
Общее число битовых ошибок в сообщении	42	34	58	62	60	48	58	42	60	50
Результирующая разность в ошибках	-80	-73	-84	-70	-78	-73	-72	-64	-71	-85
Количество правильно принятых слов	51	52	50	40	49	49	50	55	45	44
Количество слов принятых с трансформацией	19	17	26	30	27	24	28	19	28	25
Количество стираний	62	63	56	62	56	59	54	58	59	63

В табл. 2 приведено количество правильно принятых слов для кода с проверкой на четность.

Таблица 2.

Результаты при вероятности ошибки в канале 3% для кода Хемминга

Номер эксперимента в серии	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Общее количество вносимых ошибок	113	138	140	123	118	134	133	146	109	136
Общее число битовых ошибок в сообщении	85	133	136	110	96	126	123	145	75	124
Результирующая разность в ошибках	-28	-6	-4	-13	-22	-8	-10	-1	-34	-12
Количество правильно принятых слов	106	92	91	99	103	94	94	88	109	95
Количество слов принятых с трансформацией	26	40	41	33	29	38	38	44	23	37

Результаты эксперимента показаны на рис. 1-2.

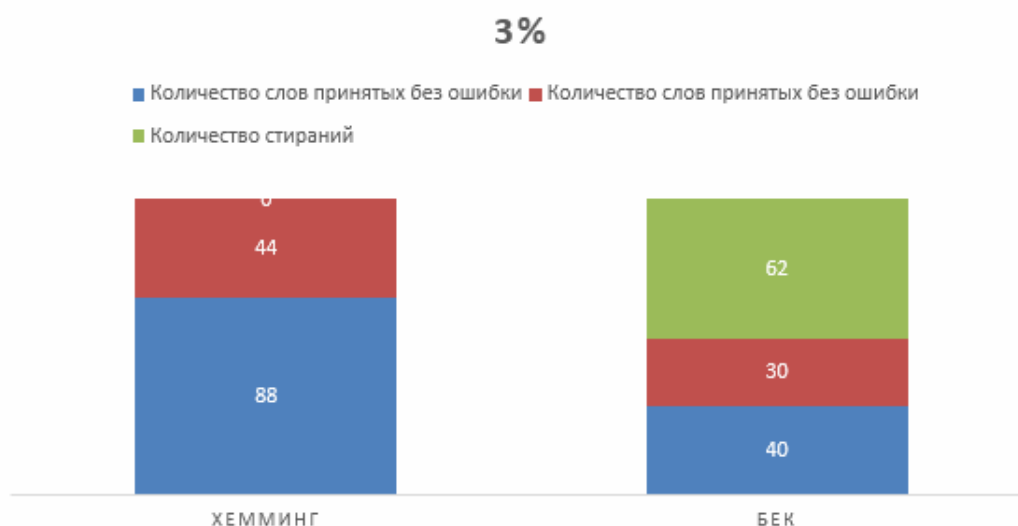


Рис. 1. Сравнение кода Хемминга и кода с проверкой на четность по количеству правильно принятых слов на вероятности 3%

Из полученных результатов видно:

- на вероятности ошибки в 3% в УКВ канале коду Хемминга удается передать 88 слов без трансформации. Это означает, что на второй ступени декодирования, когда до кода Рида-Соломона дойдет 88 слов без ошибки и 44 слова с ошибкой принять удастся только 44 слова, так как код Рида-Соломона при декодировании и обнаружении слова с ошибкой будет удалять не только ошибочное слово, но и одно соседнее, что и дает 44 слова;

- на вероятности ошибки в 3% в УКВ канале коду с проверкой на четность удается передать только 40 слов без трансформации. Оставшиеся слова либо стираются (62), либо передаются с трансформацией (30). Как говорилось ранее, коду Рида – Соломона достанется только 10 слов [4].

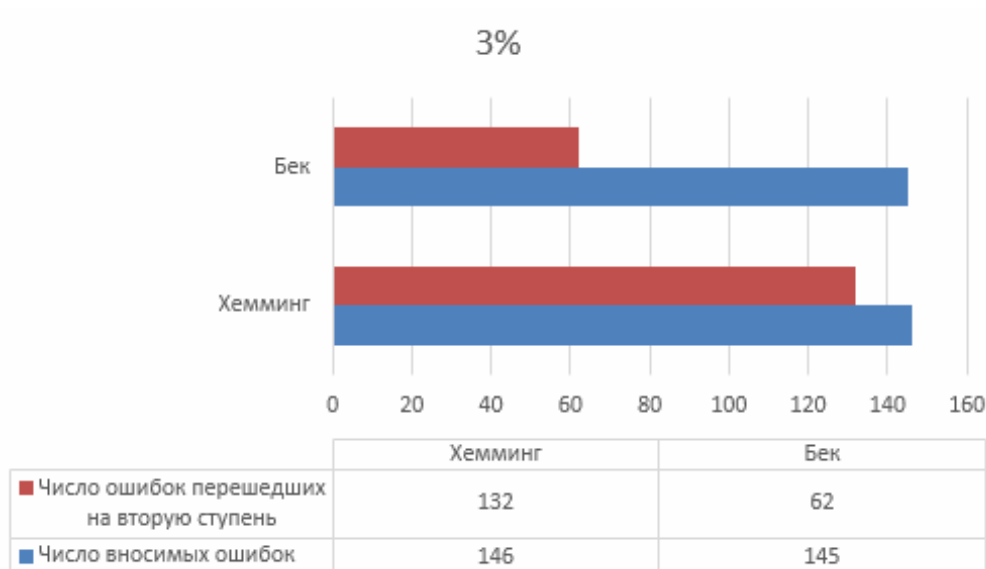


Рис. 2. Сравнение кода Хемминга и кода с проверкой на четность по количеству вносимых и переданных ошибок на вероятности 3%

Заключение

Результаты, полученные в статье, подтверждают, что код Хемминга более оптимальный для данной вероятности ошибки, он позволяет удачно декодировать треть полученной информации, что является достаточно оптимальным результатом для такой большой вероятности ошибки. Код с проверкой на четность явно не справляется с поставленной задачей.

Список литературы

- [1] Акушский И. Я., Юдицкий Д. И. Машинная арифметика в остаточных классах – М.: Советское Радио, 1968. 440 стр.
- [2] Скляр Бернанд. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр. // Перевод с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2016. 1104 с.
- [3] Прокис Джон Цифровая связь. Пер. с англ. // Под ред. Д. Д. Кловского. – М.: Радио и связь. 2000. 800 с.
- [4] Бек Г. В. Ускоренный алгоритм декодирования кода Рида-Соломона с исправлением стираний. // Вопросы радиоэлектроники. сер. ТПС 1975. - с.56-62.

Андреев Владимир Викторович – преподаватель, доктор технических наук КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: andreev-eic@yandex.ru

Голубов Кирилл Максимович – студент ИУК1-31М КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: golubov_2021@bk.ru

Гурин Виталий Михайлович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: vitaly.gurin918@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ ЛАЗЕРНОГО МАРКИРОВАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Показано, что маркировка микросхем и изделий является важной технологической операцией в их производстве. Проведено сравнение маркировки электронных изделий краской и лазерной гравировкой. Показано, что лазерная маркировка обладает существенными преимуществами по сравнению с маркировкой краской. Рассмотрены проблемы, возникающие при маркировке корпусов микросхем с золотым покрытием.

Ключевые слова: лазерное маркирование, электронное устройство, лазер, микроэлектроника

Одним из важнейших процессов современного производства является маркировка выпускаемой продукции. Маркировка деталей, узлов или конечного изделия позволяет производителю контролировать объем выпускаемой продукции, контролировать качество и продвигать свою торговую марку. Конечный пользователь получает на маркированном изделии информацию о типе и параметрах продукции, гарантию качества от производителя [1].

В основном изделия маркируются краской, но краска имеет ряд недостатков. Например, маркирование краской в ходе дальнейших испытаний электронных устройств может стереться, что приводит к производственным задержкам, так как необходимо заново промаркировать изделия. Исходя из этого лазерное маркирование приходят на смену традиционным способам обработки во многих сферах промышленности. Номенклатура материалов, маркируемых лазером, очень широка: металлы и сплавы, пластмасса, полупроводники, стекло, дерево, фольга «tesa laser» и другие. Технология лазерной маркировки обладает рядом преимуществ:

- Большой перечень материалов, на которые можно наносить маркировку;
- Из-за высокого разрешения и цветового контраста лазерная маркировка имеет большую точность и износостойчивость изображений;
- Полное отсутствие механического воздействия на поверхность изделия при минимальном тепловом воздействии;
- Отсутствие расходных материалов [2].

Лазерная маркировка не влияет на свойства маркируемой продукции и осуществляется качественно, точно и быстро. Для микроэлектроники характерен широкий спектр материалов для маркировки. Наиболее часто используются: пластиковые и керамические корпуса изделий, кремний, органические материалы [3].

На рис. 1 представлена установка лазерной маркировки ЛМК-20В.

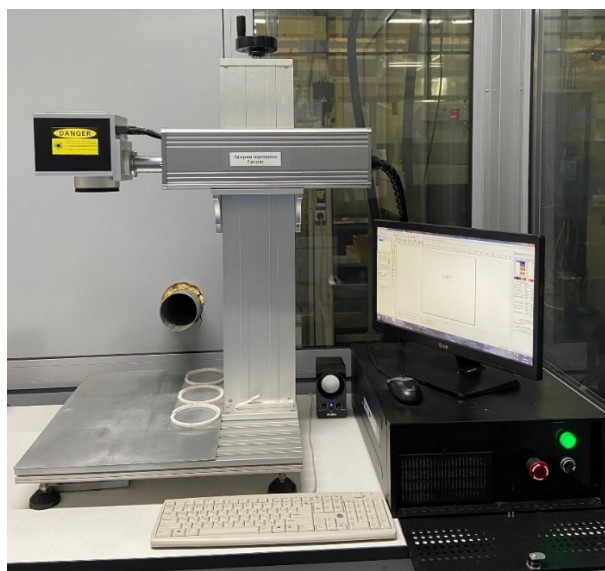


Рис.1. Установка лазерного маркирования ЛМК-20В

В состав установки входит волоконный (иттербиевый) лазер, который относится к 4 классу лазерной опасности. Лазер излучает импульсы высокой мощности инфракрасного излучения в оптическом диапазоне 1060 нм.

Работа устройства заключается в следующем: излучение от лазера по световоду передается в кювету с коллиматором, на выходе которого создается параллельный пучок диаметром 10 мм и поступает в сканирующую головку. Два электромагнитных дефлектора, в соответствии с поступающими из компьютера командами, формируют соответствующие углы отклонения и скорость отклонения. [4]

Пример лазерной маркировки на никелевом покрытии представлен на рис. 2.



Рис.2. Пример лазерной маркировки

Золотое покрытие на данной установки не удастся маркировать лазером, так как золото отражает лазер, получается, как «чистое зеркало». Пример маркирования лазером на золотом покрытии приведен на рис. 3.

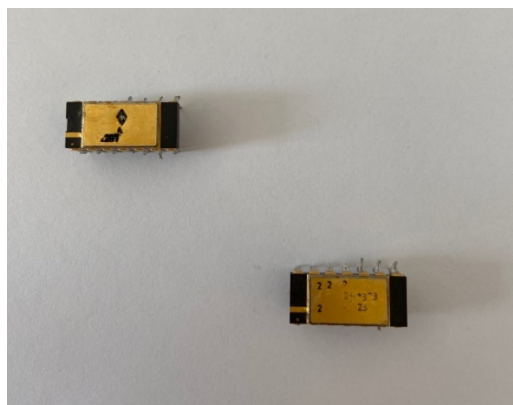


Рис.3. Пример маркировки по золоту

Особенность лазерного маркирования состоит в том, чтобы оказывать меньшее физическое давление. Лазерный луч при маркировании не прожигает поверхность, а как бы обжигает ее, что приводит к четкости изображения [5].

Заключение

Показано, что важнейшим требованием маркировки изделий микроэлектроники является визуальная читаемость текста на поверхности. Главным недостатком при маркировании краской является слабая стойкость рисунка в ходе испытаний изделия. Лазерная маркировка является перспективным и стремительно набирающим обороты технологическим процессом. Достижения в сфере производства электронных изделий существенно увеличивают конкурентоспособность лазерного метода маркировки в сравнении с традиционными методами за счет наличия дополнительных технологических возможностей.

Список литературы

- [1] Дьюли У. Лазерная технология и анализ материалов. М., 1986.
- [2] Справочник по лазерной технике: Пер. с нем. М., 1991.
- [3] Горный С.Г., к.т.н., К.В. Юдин Применения методов лазерной маркировки в микроэлектронике // ЛАЗЕР-ИНФОРМ. Информационный бюллетень Лазерной ассоциации №8(263) апрель, 2003.
- [4] Нанесение маркировки лазером [Электронный ресурс] URL:<http://226239.ru.all.biz>. Дата обращения: 09.04.2023 г.
- [5] Полупроводниковые лазеры: Грибковский В. П. Учеб. пособие по спец. Радиофизика и электроника – М.: Университетское, 1988. – 304 с: ил.

Мельникова Яна Владимировна– студент, бакалавр АО "Восход" – КРЛЗ. E-mail: yana_melnikova_2016@bk.ru

Андреев Владимир Викторович– преподаватель, доктор технических наук КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: andreev-eic@yandex.ru

ОЦЕНКА УРОВНЯ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ БАЗОВОГО БЛОКА РАДИОКОМПЛЕКСА СВЯЗИ С ПОСАДОЧНЫМ АППАРАТОМ

*Проведена оценка уровня безотказной работы базового блока радиокон-
плекса связи спутника с посадочным аппаратом. Показано, что предлагаемые
конструкторские решения и используемая схемотехника позволяют обеспе-
чить вероятность безотказной работы предлагаемого блока не менее 0,999.*

Ключевые слова: вероятность безотказной работы, базовый блок, радио-
комплекс связи.

Функциональный анализ

Базовый блок предназначен для обеспечения обработки радиосигналов в радиокон-
плексе связи с посадочным аппаратом [1].

Проанализировав электрические принципиальные схемы радиоячейки сформированы минимальные функциональные элементы:

- соединители типа СР-50 и СП397;
- ЭРИ, установленные на соответствующих печатных платах;
- точки пайки, обеспечивающие механический и электрический контакты между элементами платы.

Надежность базового блока радиокон-
плекса связи с посадочным аппара-
том (ББ РК СПА) подтверждается отсутствием отказов функциональных эле-
ментов [2].

Разделение системы на составляющие элементы (подсистемы) позволяет выявить влияние возможных отказов элементов на работоспособность всего из-
делия. Это называется качественной оценкой надежности. Количественную оценку надежности можно получить, вычислив вероятность безотказной рабо-
ты (ВБР) [3].

Расчет вероятности безотказной работы блока

Значения ВБР элемента (подсистемы) через интенсивность отказов в об-
щей форме имеет вид:

$$P = e^{-\int_0^t \lambda dt} \quad (1)$$

где e – число Эйлера, основание натурального логарифма, $e \approx 2,7183$; λ – ин-
тенсивность отказа элемента (подсистемы), $[\lambda] = 1 [1/ч]$; t – время эксплуатации
элемента (подсистемы), $[t] = 1 [ч]$.

Соединитель СР-50:

- интенсивность отказа соединителя типа СР-50 согласно ТУ составляет $4 \cdot 10^{-7} 1/ч$;
- время эксплуатации соединителя составляет 26280 часов;
- значения ВБР P_{CP50} согласно формуле (1) составляет 0,99977481.

Соединитель СП397:

- интенсивность отказа соединителя ТУ составляет $2 \cdot 10^{-7}$ 1/ч;
- время эксплуатации соединителя составляет 26280 часов;
- значения ВБР_{СП397} согласно формуле (1) составляет 0,99977131.

Резисторы, диоды, индуктивности, конденсаторы генераторы:

- интенсивность отказа согласно ТУ должна быть не более 10^{-7} 1/ч;
- время эксплуатации составляет 26280 часов;
- значения ВБР согласно формуле (1) составляет 0,9999322.

Микросхемы:

- значения ВБР согласно формуле (1) составляет 0,9999324.

Вероятности безотказной работы точек пайки

Расчет ВБР точек пайки проведен по методике, изложенной в [4].

Значение интенсивности отказов точки ручной пайки ЭРИ при эксплуатации рассчитывается по формуле:

$$\lambda_{ТПЭРИ} = K_9 \cdot N \cdot \lambda_6, \quad (2)$$

λ_6 – базовое значение интенсивности отказов точки ручной пайки ЭРИ, для ручной пайки ЭРИ без накрутки $\lambda_6 = 1,3 \cdot 10^{-9}$ 1/ч; N – количество точек пайки; K_9 – коэффициент жесткости условий эксплуатации, для группы аппаратуры 5.3 по ГОСТ $K_9 = 1$.

Результаты вычислений

Вычислим значение ВБР радиоячейки (передающая часть). Такое соединение назовем подсистемой 1.1

$$P_{1.1} = 0,9976493.$$

Вычислим значение ВБР радиоячейки (приемная часть). Такое соединение назовем подсистемой 1.2

$$P_{1.2} = 0,996034.$$

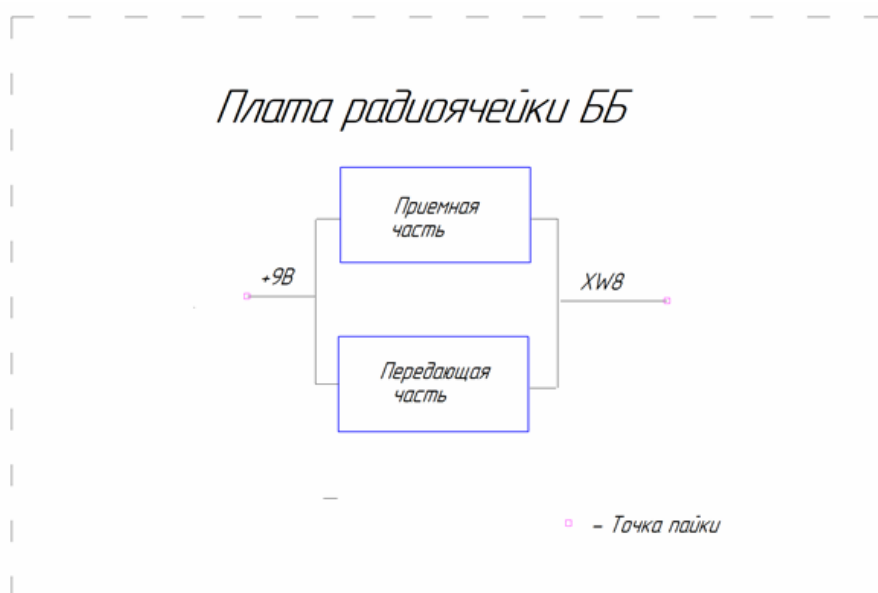


Рис. 1. Структурная схема надежности радиоячейки ББ РК СПА

Вычислим значение ВБР радиоячейки. Такое соединение назовем подсистемой 01.

$$P_{01} = 1 - (1 - P_{1.1}) \cdot (1 - P_{1.2}) = 0,993691.$$

Вычислим точки пайки в металлизированные сквозные отверстия с учетом распайки на соединители:

$$P_{CP-50} = 0,9711865;$$

$$P_{СП397} = 0,953039;$$

Такое соединение назовем подсистемой 05.

$$P_{05} = 1 - (1 - P_{СП2}) \cdot (1 - P_{CP-50}) = 0,9949086.$$

Итоговая расчетная вероятность безотказной работы ББ РК составляет 0,99812.

Если исключить соединители СП397, обладающие наименьшим значением ВБР с учетом их распайки, и заменить на условные соединители с ВБР 0,999775, то вероятность безотказной работы ББ РК составит 0,99922.

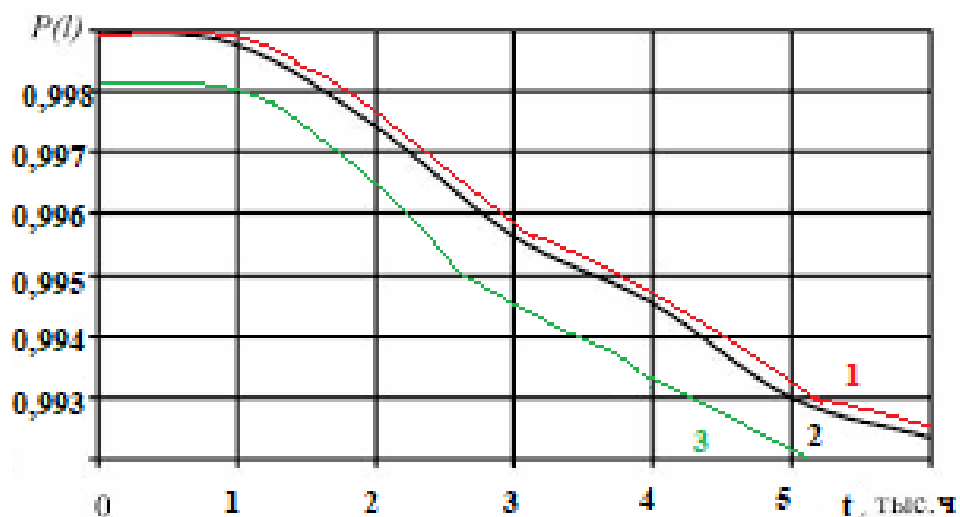


Рис. 2 График ВБР радиоячейки

1) без соединителя СП397; 2) заданный в ТУ; 3) с соединителем СП397

Заключение

Показано, что для обеспечить вероятность безотказной работы предлагаемого блока не менее 0,999 необходимо использовать соединитель с интенсивностью отказов не хуже 0,999775. Установлено, что остальные элементы и используемая конструкция блока обеспечивают заданные показатели надежности.

Список литературы

[1] Гуцин В.Н. Основы устройства космических аппаратов: учеб. для вузов / В.Н. Гуцин – М.: Машиностроение, 2003. – 272 с.

[2] Патраев В.Е. Методы обеспечения надежности бортовой аппаратуры космических аппаратов длительного функционирования / В.Е. Патраев, Ю.В. Максимов // Изв. Вузов. Приборостроение. – 2008. – Т. 51, №8. – с. 5 - 12.

[3] Кулибаба А Я., Суконкин М. К., Штукарев А Ю., Юшин О. В. Методика оценки сохраняемости электронной компонентной базы на основе анализа деградации её параметров // Материалы XXIII Международной научно-практической конференции, посвящённой памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева Красноярск: ФГБОУ ВО «СибГУ им. М. Ф. Решетнева», 2019. – С. 355–357.

[4] Павловская О.О. Об анализе надежности систем малогабаритного космического аппарата / О.О. Павловская // Наука ЮУрГУ: материалы 66 - й научной конференции Секции технических наук. – 2013. – Т1. – с. 766 - 769.

Шмелькова Анастасия Альбертовна– студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: nastay31051999@gmail.com

Андреев Владимир Викторович– преподаватель, доктор технических наук КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: andreev-eic@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА НА ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА

Большой проблемой при производстве электронных устройств является повреждение их составных частей, микросхем, полевых транзисторов электростатическим зарядом, тем самым понижается выход годных изделий, что существенно влияет на экономические показатели.

Ключевые слова: статическое электричество, микросхема, электронные устройство.

Цель данного исследования заключается в сравнении RC-цепи, как защиты от статического электричества и интегральным защитным элементом.

Для повышения выхода годных устройств (приборов, микросборок, составных частей электронной аппаратуры, электронных блоков) необходимо обеспечить защиту основных уязвимых частей выходов микросхем, затворов полевых транзисторов применяемых в аппаратуре. При этом необходимо обеспечить отсутствие искажения входных сигналов в защищаемых устройствах.

В данной статье рассматривается применение устройств защиты для повышения устойчивости электронной аппаратуры к статическому электричеству.

Будем рассматривать защиту для микросхем 525 серии. Микросхемы изготавливаются по биполярной технологии и предназначены для аналоговой обработки и преобразования сигналов в устройствах автоматического управления, измерительных и вычислительных устройствах аппаратуры связи. Они представляют собой перемножители и модуляторы.

Требуется обеспечить пропускную способность сигналов в диапазоне частот от 100 Гц до 100 МГц.

Основным поражающим фактором на производстве является человеческое тело, способное накапливать до 30 кВ статического напряжения. Изменять внутреннюю структуру микросхем, полевых транзисторов в процессе производства не является возможным. Поэтому следует применить схемы защиты.

Простейшим элементом защиты является RC-цепь, которая обеспечивает ограничение разрядного тока электростатического импульса и быстрое его стекание на «землю».

Недостатком данной схемы защиты является, её влияние на характеристику входного сигнала

Предлагается, вместо RC-цепей, применять специализированные устройства защиты выполняемые в виде интегральных микросхем.

В ходе научной работы были проведены исследования по сравнению влияния на характеристику входного сигнала RC-цепью и интегральным защитным элементом.

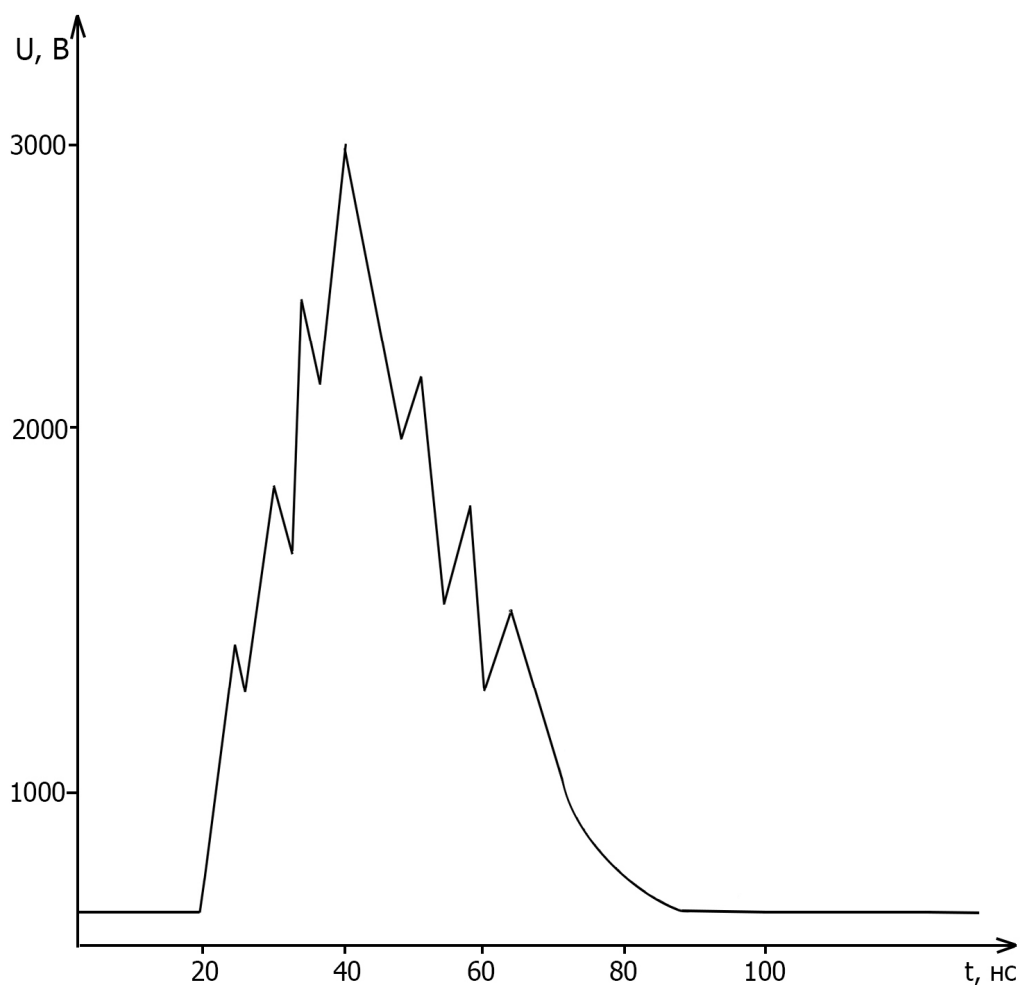


Рис. 1. Импульс напряжения электростатического разряда

Характеристики используемые для защитной RC-цепи:

$$R = 100 \text{ Ом}, C = 100 \text{ пФ}.$$

В качестве защитного элемента в ходе исследования применяется защитный элемент TPD6F002. Схема представлена на рисунке 2. Характеристики:

$$R = 100 \text{ Ом}, C_1 = 14 \text{ пФ}, C_2 = 14 \text{ пФ}, U_{\text{ECD}} = \pm 20 \text{ кВ}.$$

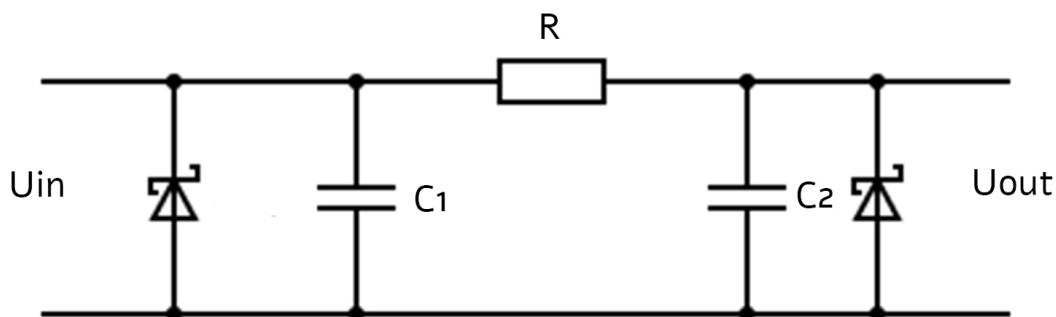


Рис. 2. Схема интегрального защитного элемента

Исследование показало, что применяемая защитная RC-цепь начинает оказывать влияние на входной сигнал уже на частотах свыше 15,924 МГц. Приме-

няемый защитный элемент при тех же параметрах показал снижение характеристик входного сигнала на частоте 113,740 МГц.

Заключение

В статье рассмотрены проблемы обеспечения устойчивости электронной аппаратуры к воздействию электростатического разряда, основные методы защиты интегральных элементов. Выявлены вероятные причины повреждений аппаратуры в процессе производства. Приведены основные схемы защиты и их характеристики. Проведено исследование, показывающее актуальность применения интегральных защитных элементов по сравнению с широко применяемыми в электронной аппаратуре RC-цепями.

Список литературы

[1] Voldman S. H. ESD: Failure Mechanisms and Models. Wiley Publishing, 2009. – 408 p.

[2] Абрамешин А. Е., Галухин И. А., Кечиев Л. Н., Кузнецов В.В., Назаров Р.В. Воздействие ЭСР на полупроводниковые компоненты: моделирование схем защиты, методов и средств испытаний // Технологии ЭМС. 2012. №3. С. 44 – 58.

[3] Максимов И.В., Андреев В.В., Столяров АА Защита микросхем изготовленных по КМОП-технологии от воздействия статического электричества // Электронный журнал: наука, техника и образование. 2017. №СВ1 (11). С. 200 – 205.

[4] Кечиев Л. Н., Пожидаев Е. Д. Защита электронных средств от воздействия статического электричества – М.: Издательский дом "Технологии", 2005 – 352 с.

Обидина Анастасия Станиславовна – студент (магистрант) группы ИУК1-11М КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: oas18ki123@student.bmstu.ru

Кузнецов Вадим Вадимович – доцент кафедры "Проектирование и технология производства электронных приборов", кандидат технических наук КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: vadim.kuznetsov@bmstu.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ СИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

В настоящее время синхронный двигатель с постоянными магнитами (СДПМ) спроектирован как более мощное устройство с меньшей массой и меньшим моментом инерции. Благодаря высокой удельной мощности и меньшим размерам СДПМ в последние годы превратился в предпочтительное решение для управления скоростью и положением на станках и в роботизированных системах. Одним из эффективных способов управления СДПМ является векторное управление (или управление, ориентированное на поле). Система векторного управления приводом синхронного двигателя с постоянными магнитами необходима для достижения контроля за положением ротора. Для осуществления векторного управления приводом необходим датчик-преобразователь, определяющий положение ротора СДПМ. Основными характеристиками этого датчика являются точность считывания данных и нечувствительность к шуму.

Ключевые слова: синхронный двигатель с постоянными магнитами, моделирование, векторное управление, векторное управление с ориентацией по полю ротора

Принцип векторного управления

Электрическая машина, которая преобразует электрическую энергию в механическую и наоборот, является основным элементом в системе привода. Приводные системы широко используются в таких областях применения, как насосы, вентиляторы, производство бумаги, робототехника, текстильные фабрики, лифты и электромобили и т.д. В настоящее время более 85% приводных систем используют асинхронные двигатели, но синхронные двигатели с постоянными магнитами могут заменить их, поскольку они более эффективны, что, в свою очередь, снижает стоимость их эксплуатации. Поскольку в настоящее время они пользуются большим спросом, их можно использовать для применений с низкой и средней мощностью, например, компьютерная периферия и эффективные приводы с регулируемой скоростью вращения.

В основе векторного управления асинхронным электроприводом лежат дифференциальные уравнения, которые позволяют достаточно точно описать электрическую машину как в статике, так и в динамике. Векторное управление применимо как к синхронным, так и к асинхронным электроприводам. Управление электромагнитным крутящим моментом достигается путем регулирования амплитуды и мгновенной фазы тока статора или его напряжения, что позволяет добиться полного управления машиной в динамике и получения желаемых переходных процессов, качество которых значительно выше, чем в скалярных системах управления. Этот факт обеспечил широкое применение векторных систем, в том числе в высокоточных электроприводах. Вектор напряжения статора формируется с использованием широтно-импульсной модуля-

ции. В то же время, на основе инвертора напряжения сигнал широтно-импульсной модуляции может быть получен следующими способами:

- релейно-векторное формирование широтно-импульсной модуляции в замкнутом контуре для контроля мгновенных значений погрешностей тока без принудительной модуляции;
- синусоидальная широтно-импульсная модуляция, основанная на сравнении управляющих сигналов с некоторым опорным сигналом;
- метод пространственно-векторной модуляции.

Математическая модель СДПМ

В рамках данного исследования СДПМ ограничен в следующих случаях: игнорирование насыщения сердечника и индуктивности утечки обмотки машины; предполагается, что магнитный потенциал в воздушном зазоре имеет синусоидальное распределение; пренебрежение волной высших гармоник в магнитном поле. При этих допущениях, используя принцип преобразования координат, можно получить математическую модель СДПМ в двухфазной системе координат синхронного вращения. Математическая модель показана в формуле (1).

$$\begin{cases} U_d = 2L_d \frac{di_d}{dt} - \omega_r L_q i_q + r_s i_d \\ U_q = \omega_r \psi_f + \omega_r L_d i_d + L_q \frac{di_q}{dt} + r_s i_q, \\ T_e = \frac{3}{2} p_m [\psi_f i_q + (L_d + L_q) i_d i_q] \end{cases} \quad (1)$$

где U_d , U_q , i_d , i_q - напряжение и ток по оси d и оси q (V, A); r_s - сопротивление обмоток статора (Ом); L_d , L_q - индуктивность по оси d и оси q (Гн); ψ_f - основная потокосцепляющая система постоянного магнита (Вб); ω_r - угловая частота вращения ротора (рад/с); p_m - количество пар полюсов электрической машины.

Принцип управления ротором, ориентированный на поле СДПМ

Основная идея векторного управления заключается в следующем: посредством преобразования координат ток статора I_s двигателя переменного тока разделяется на две составляющие: составляющую тока возбуждения I_{sd} и составляющую тока вертикального крутящего момента I_{sq} . Согласно математической модели СДПМ:

$$T_e = \frac{3}{2} p K_e i_q \quad (2)$$

следует, что зависимость электромагнитного момента T_e и i_q линейна, в процессе регулирования скорости, пока идет поддержание неизменной составляющей тока возбуждения I_{sd} и контролируется ее составляющая крутящего момента I_{sq} , можно получить хорошую динамическую характеристику. В этом те-

зисе принимаем управление, ориентированное на поток ротора $i_d = 0$. При условии точного определения положения ротора в пространстве, управляя инвертором, мы можем определить суммарный ток трехфазного статора по оси q . Следовательно, если определить амплитуду тока статора, мы могли бы управлять электромагнитным моментом T_e .

Реализация преобразования координат

Преобразование координат заключается в преобразовании трехфазного тока статора двигателя в соответствующий ток в синхронизированных вращающихся координатах d - q по сравнению с эталонным входом i_q , принимая полученное смещение в качестве входного сигнала ПИ-регулятора тока Преобразование координат, используемое в векторном управлении: обратное преобразование Парка, преобразование Кларка и преобразование Парка

Матрица преобразования Парка выглядит следующим образом:

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Преобразование Кларка:

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ 0 & \sqrt{\frac{3}{2}} & -\sqrt{\frac{3}{2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Обратное преобразование Парка:

$$\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Основная идея технологии пространственно-векторной широтно-импульсной модуляции (ПВШИМ) заключается в следующем: за эталон берется идеальная траектория потока, когда двигатель переменного тока питается от трехфазного синусоидального напряжения. Далее происходит интерполяция фактического потока к эталонной окружности потока, создаваемый режимом переключений инвертора, и двигатель сможет получить круговое магнитное поле постоянной амплитуды (синусоидальное магнитное поле), чтобы достичь высокой производительности. Используя метод ПВШИМ, берутся 2 соседних вектора и нулевой вектор из восьми векторов и формируется вектор пространственного напряжения U_r , который относится к соответствующему времени отклика Принцип, показанный в Рисунке 1.

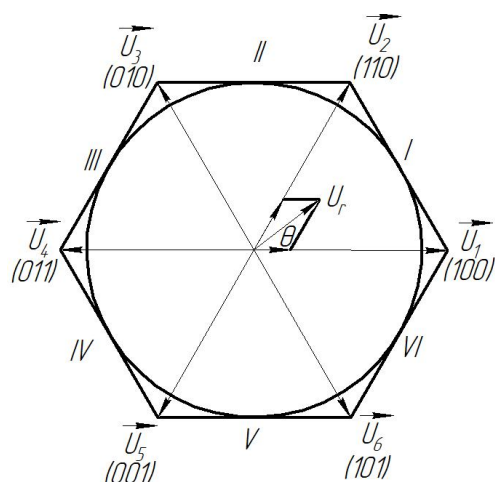


Рис. 1. Базовый вектор пространственного напряжения

Имитационная модель СДПМ в среде моделирования

Рассмотрим доступные среды моделирования для разработки и развертывания алгоритмов управления двигателем.

- Gym-electric-motor(GEM)'s

Пакет тренажера-электродвигателя (GEM) представляет собой программный набор инструментов для моделирования различных электродвигателей для обучения и тестирования контроллеров двигателя для сравнения их с классическими контроллерами двигателя.

- Motor Drive Simulator in Python

Это программное обеспечение с открытым исходным кодом включает имитационные модели для асинхронного двигателя, синхронного реактивного двигателя и синхронного двигателя с постоянными магнитами. Модели двигателей моделируются в области непрерывного времени, в то время как алгоритмы управления выполняются в дискретном времени. Решатель по умолчанию – это явный метод Рунге-Кутты пятого порядка. В качестве примеров приведены простые алгоритмы управления.

- Matlab/Simulink

Пакет Simulink включает в себя полный комплекс библиотек блоков, необходимых для создания функциональных моделей систем управления и связи, цифровых, электротехнических и энергетических устройств и т.д. При этом он позволяет изменять библиотечные блоки, а также создавать собственные. Библиотека SimPowerSystems включает в себя модели для имитационного моделирования пассивных и активных электротехнических элементов, источников энергии, электродвигателей, трансформаторов, линий электропередачи и т.д.

Рассмотрим имитационная модель СДПМ в среде моделирования Matlab/Simulink. В среде Matlab/Simulink, используя обширную библиотеку модулей в SimPowerSystem, реализуем имитационную модель с двойным замкнутым контуром на основе $i_d = 0$, которая показана на Рисунке 2. Контур тока и контур скорости состоят из ПИ-регулятора Система управления СДПМ в основном включает в себя: корпусной модуль СДПМ, модуль преобразователя

напряжения, модуль преобразования координат и модуль пространственно-векторной широтно-импульсной модуляции.

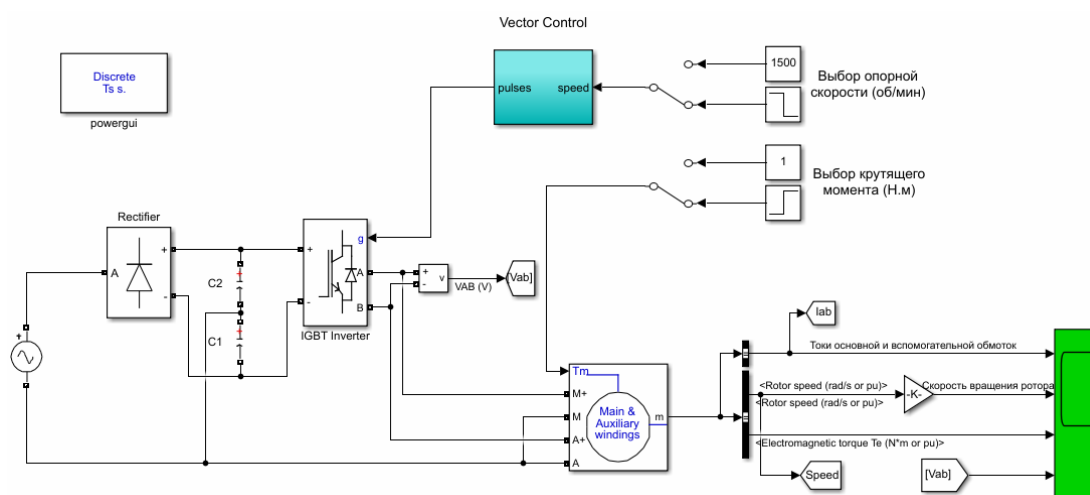


Рис. 2. Моделирования системы управления СДПМ

Синхронная машина мощностью 1/4 л.с., 110 В, 60 Гц питается от управляемого током ШИМ-инвертора, построенного с использованием блока универсального моста. Контроль скорости использует регулятор для получения задания тока по квадратурной оси i_q , который управляет крутящим моментом двигателя. Поток двигателя контролируется опорным током прямой оси i_d . Блоки Simulink используются для преобразования i_d и i_q для текущего регулятора. Блоки измерения тока и напряжения предоставляют сигналы для целей визуализации.

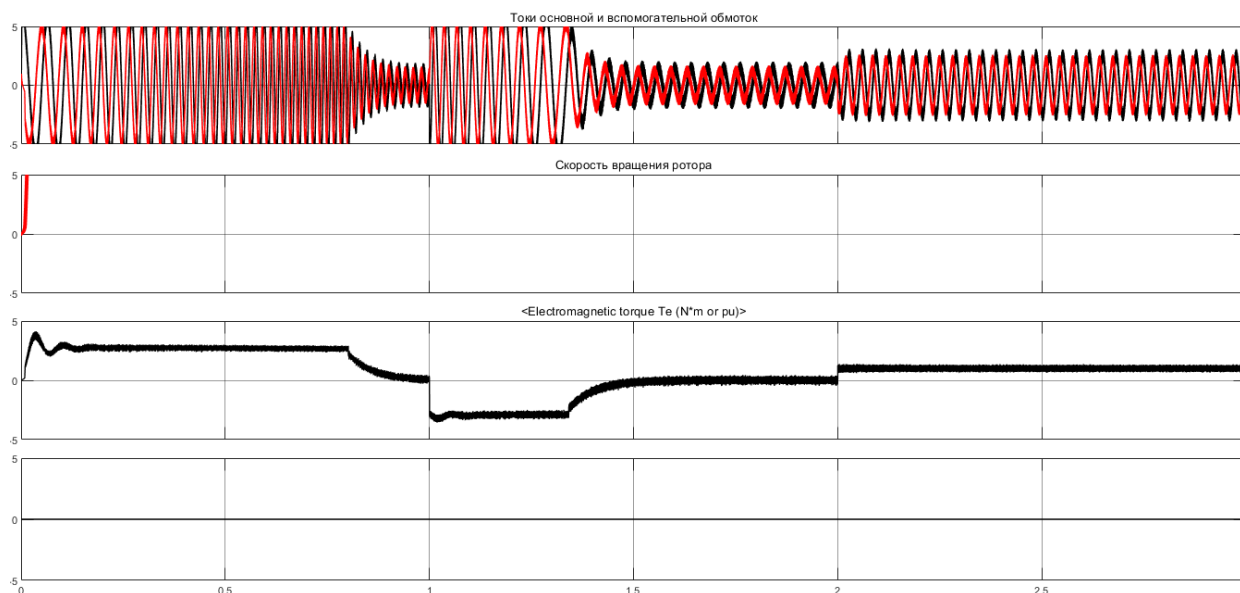


Рис. 3. Результаты моделирования

Как видно на Рисунке 3 крутящий момент нагрузки изменяется, при этом, амплитуда тока уменьшается, электромагнитный момент соответственно также уменьшается, но это не вызвало очевидных изменений скорости. Это показыва-

ет, что система обладает хорошей способностью сохранять устойчивое положение под действием изменения нагрузки.

Заключение

Системы векторного управления в целом позволяют добиться полного контроля параметров привода как в статическом, так и в динамическом режимах. Благодаря наличию двух каналов управления возможно отдельное или совместное управление потоком и скоростью машины, что, в свою очередь, обеспечивает полный контроль над током и электромагнитным моментом машины. Поскольку система ориентирована на высокопроизводительную микропроцессорную систему, она очень гибкая и позволяет реализовывать различные законы управления, методы для модулирование фазного напряжения и повышение энергоэффективности системы в целом. Эти положительные качества обеспечили широкое распространение векторного управления в широком спектре промышленных электроприводов.

Список литературы

[1] Irfan Guney, Yuksetoguz, Fusun Serteller. "Dynamic behavior model of permanent magnet synchronous motor fed by PWM inverter and fuzzy logic controller for stator phase current, flux and torque control of PMSM". IEEE Proceeding from Electric Machines and Drives Conference, VOL.12, NO.17, 2001, pp. 479-485.

[2] LIU Ting-ting, TAN Yu, WU Gang, WANG Shu-mao/ Simulation of PMSM Vector Control System Based on Matlab/Simulink/ 2009 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation.

[3] Viktor Meshcheryakov, Tatyana Sinyukova, Alexey Sinyukov, Andrei Boikov and Rustem Mukhametzhonov/ Modeling and analysis of vector control systems for asynchronous motor/ 1Electric Drive Department, Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia/ E3S Web of Conferences 178, 01001 (2020).

[4] Pavan Kumar, P.samyuktha/ Vector Control Drive of Permanent Magnet Synchronous Motor Using Resolver Sensor/ International Journal of Computer Science Engineering (IJCSE).

[5] Y.I. Gracheva, N.A. Alimova, Calculating Methods and Comparative Analysis of Losses of Active and Electric Energy in Low Voltage Devices, International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon), 2019, 361-367 (2019).

[6] V.N. Meshcheryakov, V.V. Danilov, Sh.R. Khasanov, S. Valtchev, Minimization of the stator current in induction motor with defined load on the shaft by maintaining optimum absolute slip, Kazan, SES 2019, E3S Web of Conferences, 01036 (2019).

[7] T.V. Sinykova, E.V. Sentsov, A.V. Sinyukov, Neural Network Speed Observers, Proceedings 2019 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, Russia, 288 (2019).

[8] Z. Hu, Y.V. Bodyanskiy, O.K. Tyshchenko, A Multidimensional Adaptive Growing Neuro-Fuzzy System and Its Online Learning Procedure, *Advances in Intelligent System and Computing* 689, 186-203 (2018).

[9] A. Pugachev, Efficiency increasing of induction motor scalar control systems, *International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEM)*, St. Petersburg, Russia, 1-5 (16-19 May 2017).

[10] Weera Kaewjinda, Mongkol Konghirun, "Vector Control Drive of Permanent Magnet Synchronous Motor Using Resolver Sensor", *ECTI transactions on electrical eng., electronics, and communications* vol.5, no.1 February 2007.

[11] Bimal K.Bose, 'Modern Power Electronics and Ac drives', Pearson Education Pvt. Ltd., Singapore.

Петрухин Константин Андреевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана
E-mail: petruklinka@student.bmstu.ru

Кузнецов Вадим Вадимович – доцент кафедры "Проектирование и технология производства электронных приборов", кандидат технических наук КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: vadim.kuznetsov@bmstu.ru

СЕКЦИЯ 4.

ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ И ГИДРОМАШИНЫ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЛИНЫ СТРУЕВЫПРЯМИТЕЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА НА КОЭФФИЦИЕНТ ИСТЕЧЕНИЯ ТРУБЫ ВЕНТУРИ

Представлены результаты численного эксперимента по исследованию эффективности работы струевыпрямителя типа «Звезда» в составе измерительного трубопровода. Определено влияние относительной длины струевыпрямителя L/d на коэффициент истечения трубы Вентури. Установлено что, начиная с $L/d=1,25$ длина струевыпрямителя перестает влиять на величину коэффициента истечения. Результаты исследования могут быть полезны при проектировании экспериментальных стендов по исследованию напорных характеристик вентиляторов.

Ключевые слова: вентилятор, труба Вентури, струевыпрямитель, коэффициент истечения

В быту, в различных сферах хозяйственной, производственной деятельности применяются вентиляторы как устройства для перемещения воздушных и газовых масс. Они используются в компьютерах – для охлаждения микросхем; в быту – для создания потока воздуха в жаркое время года; в системах кондиционирования и вентиляции помещений, зданий и сооружений; вентиляторы подают воздух к горелкам котельных установок, отсасывают дымовые газы. Важнейшей характеристикой вентилятора является его напорная характеристика – зависимость развиваемого им полного давления Δp^* от объемного расхода перемещаемой среды Q .

$$\Delta p^* = f(Q)$$

Напорная характеристика вентилятора определяется на этапе его экспериментальной доводки на специализированном аэродинамическом стенде, включающем в себя измерительный трубопровод с суживающимся устройством – трубой Вентури.

Объемный расход среды через вентилятор определяется по формуле

$$Q = \frac{C \cdot F_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}} \quad (1)$$

где F_1, F_2 - площадь поперечного измерительного трубопровода на входе в трубу Вентури и в узком её сечении; p_1 и p_2 – статическое давление потока на входе в трубу Вентури и в её узком сечении; ρ - плотность среды; C – эмпирический коэффициент истечения трубы Вентури, учитывающий потери и неоднородность потока и представляющий собой отношение действи-

тельного расхода воздуха Q к теоретическому, имеющему место при отсутствии потерь Q_t :

$$C = \frac{Q}{Q_t} \quad (2)$$

Коэффициент истечения трубы Вентури определяется по справочным данным [1], где он определен для плоскопараллельного потока на входе в трубу при различных числах Рейнольдса и в среднем равен $C \approx 0,975 \dots 0,985$. Проблемой является тот факт, что поток среды на выходе из вентилятора является как правило закрученным, что влияет на особенности течения в трубе Вентури и искажает значение коэффициента C относительно справочных значений. Для ликвидации закрутки потока на входе в трубу Вентури, перед ней устанавливают струевыпрямители, например типа «Звезда», представляющий собой восемь лопастей длиной L установленных в измерительном трубопроводе диаметром d (рис. 1)

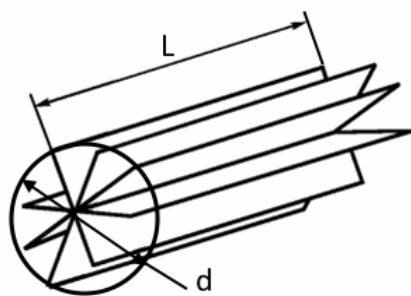


Рис. 1. Схема струевыпрямителя типа «Звезда»

Целью проведенного исследования являлось исследование эффективности работы струевыпрямителя путем установления зависимости между коэффициентом истечения трубы Вентури C от относительной длины лопастей струевыпрямителя L/d .

Для решения поставленной задачи с помощью системы автоматического проектирования SolidWorks была построена 3D модель измерительного трубопровода, состоящая из трубы диаметром $d=1200$ мм внутри которой находился струевыпрямитель и трубы Вентури (рис. 2)

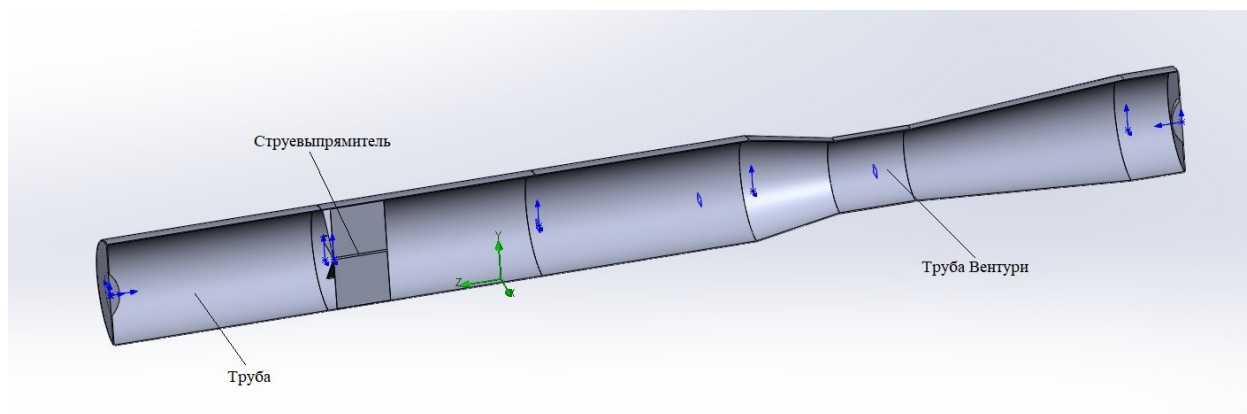


Рис. 2. 3D модель измерительного трубопровода

Исследование проводилось методом численного эксперимента в CFD пакете Flow Simulation [2]. Для этого была выбрана расчетная модель турбулентного течения сжимаемой жидкости и наложены граничные условия, представленные на рис. 3.

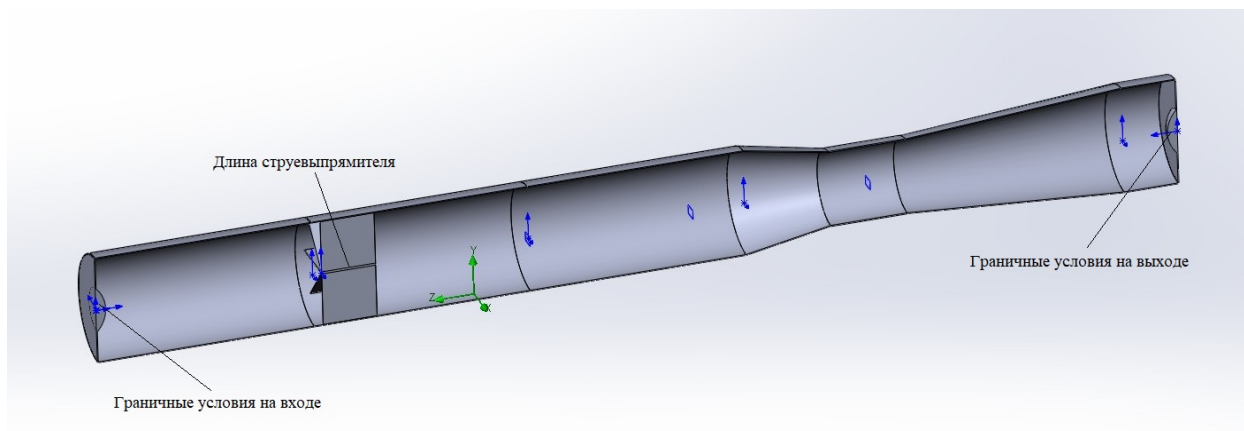


Рис. 3. Граничные условия наложенные на 3D модель

Граничным условием входа потока в измерительный трубопровод являлась величина объемного расхода воздуха $Q=20 \text{ м}^3/\text{с}$ с угловой скоростью закрутки потока $\omega=30 \text{ рад/с}$.

Граничным условием выхода являлось давление окружающей среды $p_n=101300 \text{ Па}$

Примененная расчетная сетка – адаптивная, с локальным измельчением в пристеночных областях потока, общее число ячеек 325000 (рис. 4)

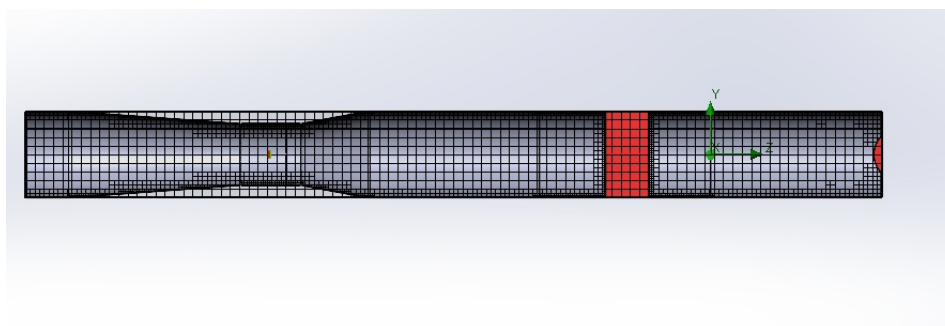


Рис. 4. Расчетная сетка

Длина струевыпрямителя менялась в диапазоне от $L=0$ (отсутствие) до 2500 мм ($\frac{L}{d}=0\dots 2,08$).

Результатом численного эксперимента являлось определение статического давления потока на входе в трубу Вентури p_1 и в её узком сечении p_2 . Теоретический объемный расход находился по формуле

$$Q = \frac{F_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}} \quad (3)$$

а коэффициент истечения C по формуле (2), где величиной действительного расхода воздуха являлась величина $Q=20 \text{ м}^3/\text{с}$ заданная как граничное условие.

Результаты численного эксперимента и данные их обработки приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты исследования

Относительная длина струевыпрямителя, (L/d)	p_1	p_2	Q_t	C
0	101 485	100 873	21,1	0,949
0,25	101 383	100 792	20,7	0,965
0,50	101 381	100 793	20,7	0,967
0,75	101 378	100 796	20,6	0,973
1	101 378	100 799	20,5	0,975
1,25	101 502	100 924	20,5	0,976
1,5	101 501	100 923	20,5	0,976
1,75	101 501	100 923	20,5	0,976
1,83	101 500	100 922	20,5	0,976
2,08	101 500	100 922	20,5	0,976

По данным, представленным в табл. 1, построен график зависимости коэффициента истечения трубы Вентури C от относительной длины струевыпрямителя L/d , представленный на рис. 5.

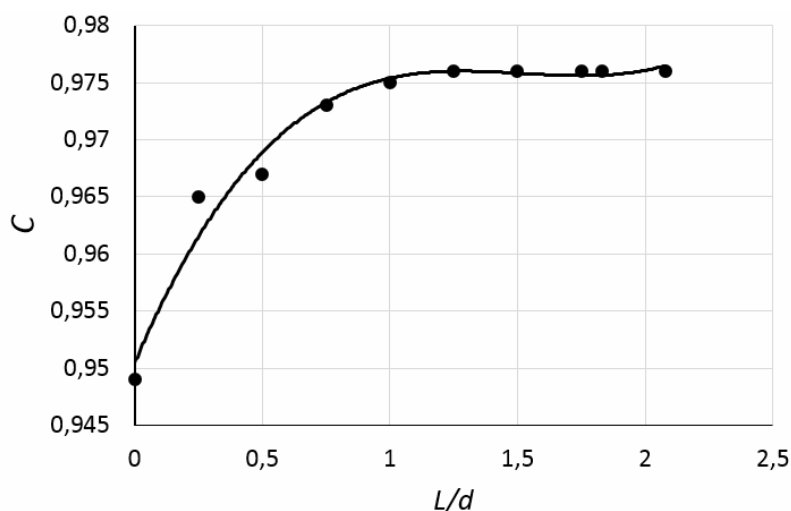


Рис. 5. График зависимости коэффициент истечения трубы Вентури от относительной длины струевыпрямителя

Для выявления тенденций изменения коэффициента истечения трубы Вентури от струевыпрямителя на графике была использована линия тренда

Заключение

Установлено, что при отсутствии струевыпрямителя, из-за влияния закрутки потока, коэффициент истечения трубы Вентури существенно меньше нормативных значений. Установка струевыпрямителя типа «Звезда» уменьшает влия-

ние закрутки потока на коэффициент истечения трубы Вентури. С увеличением относительной длины струевыпрямителя значение коэффициента истечения трубы Вентури растет и начиная с относительной длины $L/d=1,25$ перестает меняться. Таким образом, при проектировании экспериментальных стендов по исследованию характеристик вентиляторов, можно рекомендовать использование струевыпрямителей с относительной длиной $L/d > 1,25$.

Список литературы

[1] ГОСТ 23720-79 Трубы Вентури. Технические условия. М. Государственный комитет СССР по стандартам, 1979 г.

[2] SolidWorks Flow Simulation. CFD пакет. Официальный интернет сайт. <https://www.solidworks.com/product/solidworks-flow-simulation> Дата обращения: 10.04.2023.

Крысин Кирилл Русланович – студент кафедры МКЗ «Тепловые двигатели и гидромашины» студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: kirill.crysin2022@yandex.ru

Шевелев Д.В.

Миронов Ю.Н.

ТУРБОАГРЕГАТ ДЛЯ МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНОГО ЗАВОДА

Проблема энергетической утилизации промышленных и бытовых отходов решается с помощью мусоросжигательных заводов, на которых тепло, получаемое при сжигании промышленных и бытовых отходов, идет на получение пара для паротурбинных энергоблоков, вырабатывающих электроэнергию. В данной научной работе представлена спроектированная турбомашина для такой установки. В связи с особыми эксплуатационными требованиями такая турбомашина обладает рядом отличий от традиционных турбомашин, а именно, она имеет осевой выхлоп, комплектуется воздушным конденсатором, имеет повышенную частоту вращения ротора, имеет понижающий редуктор перед электрогенератором, имеет модульную рамную конструкцию. Применение предложенной турбомшины на мусоросжигающем заводе позволит получать более 7 МВт электроэнергии, утилизируя при этом более 149000 т бытового мусора в год.

Ключевые слова: ТБО, энергия из отходов, мусоросжигательный завод, турбоустановка

Перед современной цивилизацией стоят три глобальные взаимосвязанные проблемы: возрастающее энергопотребление, сокращение традиционных топливных ресурсов и увеличивающееся загрязнение окружающей среды. Потенциально, энергетическими топливными ресурсами могут стать: промышленные органикосодержащие отходы, мусор и твердые бытовые отходы (ТБО), постоянно образующиеся в результате жизнедеятельности человека. Использование ТБО в энергетике одновременно позволяет решать актуальные проблемы загрязнения окружающей среды и получить дополнительный источник энергии. С этой точки зрения, мусор и ТБО могут считаться возобновляемым источником энергии.

Способов утилизации отходов известно много, от простого закапывания в почву, до вторичной переработки части отходов и извлечения из них полезных продуктов и энергии [1-5].

На мусоросжигательных заводах применяются различные технологии сжигания горючих отходов (наиболее перспективная – технология сжигания во вращающемся кипящем слое), как правило, тепло, получаемое при этом, идет на теплофикацию и на получение пара для паротурбинных энергоблоков, вырабатывающих электроэнергию [3, 4].

Турбоустановка такого энергоблока обладает рядом особенностей, по сравнению с традиционными энергоблоками электростанций. Параметры пара для нее, как правило, не высокие, турбоустановка должна быть модульной, простой в эксплуатации, не содержать большого количества вспомогательного

оборудования, не требовать сложных и высотных зданий для размещения, иметь большой ресурс работы, быть недорогой.

После проработки тепловой схемы энергоустановки для мусоросжигательного завода и оптимизации параметров пара на турбину, в рамках данной работы, была спроектирована турбоустановка, отвечающая вышеприведенным требованиям.

Параметры пара перед турбиной энергоустановки: давление 4 МПа и температура 400 °С. Давление пара за турбиной: 15 кПа Расход пара на турбину определен из расчета сжигания всего бытового мусора, ежедневно удаляемого, в среднем, в таком городе, как Калуга

Турбина представляет собой одноцилиндровую конструкцию с восемью ступенями и осевым выхлопом в воздушный конденсатор. Особенность турбины - она высокооборотная и вращает электрогенератор через понижающий редуктор. Турбина, редуктор и электрогенератор установлены на единой раме, что обеспечивает полную модульную сборку турбогенератора на заводе-изготовителе и легкость монтажа на месте установки.

Средний КПД паротурбинного цикла при принятых параметрах $\eta_{ц} = 30\%$, КПД спроектированной паровой турбины $\eta_{т} = 77\%$. Ее мощность: около 7 МВт.

Разработанная турбомашина изображена на рис. 1.

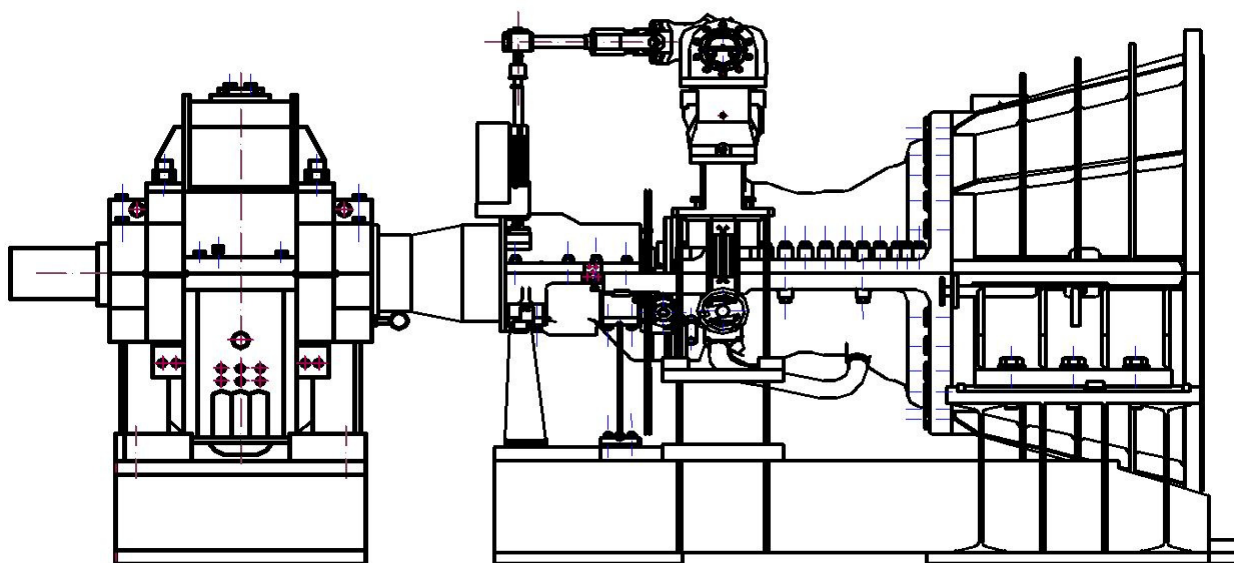


Рис. 1. Турбомашина для мусоросжигательного завода

Таким образом, предложенная технологическая энергетическая переработка мусора, содержащая спроектированную турбоустановку, является одним из наиболее экономически и экологически целесообразным возобновляемым источником энергии. Расчеты показывают, что применение предложенной технологии, например, в г. Калуга позволит постоянно получать более 7 МВт/час электроэнергии, утилизируя при этом более 149000 т бытового мусора в год.

Список литературы

[1] Ершов, А. Г. Термическое обезвреживание отходов: теория и практика, мифы и легенды / А. Г. Ершов, В. Л. Шубников // Журнал ТБО. – 2014. – № 5. – С. 47–52.

[2] MSD.com.ua, Экологические проблемы твердых бытовых отходов, сбор и ликвидация. – [Электронный ресурс]. - URL: <https://msd.com.ua/> (дата обращения 11.03.2022)

[3] Потравный И.М., Баах Д. Энергетическая утилизация твердых коммунальных отходов в контексте низкоуглеродного развития. Управленческие науки = Management Sciences in Russia – 2021 – № 11– С. 6-8.

[4] Справочник ЕС по наилучшим доступным технологиям Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Incineration, 2019.

[5] Лихачева О.И., Советов П.М. Концептуальное представление модели организации взаимодействия факторов сферы обращения с твердыми коммунальными отходами в регионе. Экономика устойчивого развития –2018 – № 1 – с. 113–114.

Мкртчян Армен Смбатович – магистрант, бакалавр Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: k1kf@bmstu-kaluga.ru

Жинов АА

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА В ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТУРБОУСТАНОВКИ

Электрогидравлическая система автоматического регулирования (ЭГСАР) – это система регулирования, в которой перемещение исполнительного регулирующего органа (гидравлического механизма) происходит при помощи электрогидравлического усилителя [1]. Таким усилителем обычно выступает линейный электромеханический привод. Задачей прямого линейного привода является управление положением отсечного золотника. Это задача напрямую зависит от показателей качества переходного процесса (динамических показателей качества). Когда к системе автоматического регулирования прикладывается внешнее воздействие, задающее или возмущающее, в ней возникает переходный процесс. Требования, которые предъявляются к обработке системой этих воздействий, объединяются понятием качества процесса регулирования или качества систем автоматического регулирования [2].

Электрогидравлическая система автоматического регулирования состоит (рис.1) из двух функциональных частей: гидромеханической и электромеханической исполнительской части.

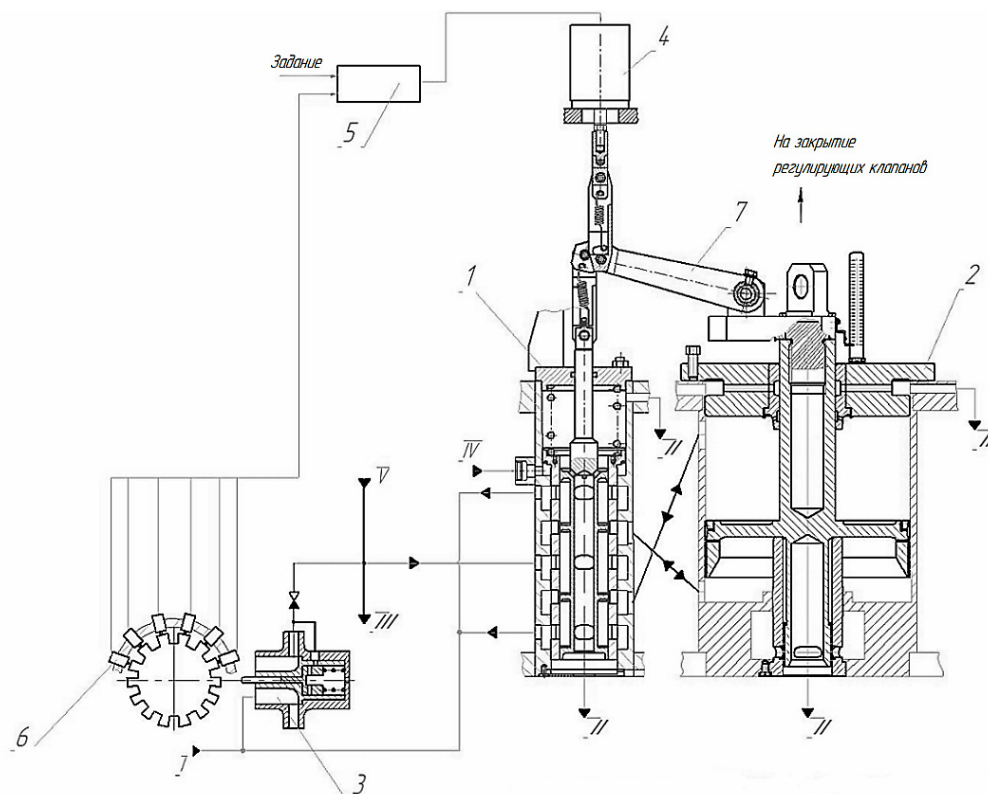


Рис.1 Принципиальная схема ЭГСАР:

- 1 – отсечной золотник; 2 – сервомотор; 3 – насос регулятор;
- 4 – электромеханический преобразователь;
- 5 – электронное управляющее устройство; 6 – датчик частоты вращения

Гидромеханическая исполнительная часть, состоит из механической части - системы парораспределения турбины и силовой части - блока регулирования (гидропривод управления положением регулирующего паровпускного клапана турбины). В блоке регулирования встроены отсечной золотник и сервомотор. В совокупности это представляет собой следящий гидропривод с перекрёстными обратными связями и управлением сервомотором по отклонению от нейтрального положения золотника В данной схеме масло под высоким давлением подается от насоса-импеллера 3 и от пускового насоса (при выходе на холостой ход; при остановке). При номинальной частоте вращения ротора турбины давление масла в линии нагнетания насоса-импеллера не превышает 1 МПа

Многолетний опыт эксплуатации электрогидравлических систем автоматического регулирования паротурбинных установок показывает, что для обеспечения качества процессов регулирования следящий электромеханический преобразователь должен обеспечивать высокую скорость перемещения отсечного золотника (до 0,25 м/с) [3]. Ошибка достижения заданного положения отсечного золотника не должна превышать его зоны нечувствительности (не более 0,01 мм). Перемещение отсечного золотника с помощью электромеханического преобразователя должно при этом иметь характер, близкий к монотонному (относительное перерегулирование более 30% нежелательно из-за потери устойчивости контура регулирования [4]).

В состав электромеханической управляющей части входят линейный электромеханический привод (ЭМП) 4, представляющий собой бесщёточный электродвигатель со специальным блоком цифрового управления 5. Вращательное движение ротора электродвигателя преобразуется в поступательное движение планетарным механизмом в сочетании с ролика-винтовой передачей. Так же в электромеханическую управляющую часть входят 6 датчиков частоты вращения [3].

Функциональная схемы блока регулирования гидромеханической части на основе такого электромеханического привода представлена на рисунке 2.

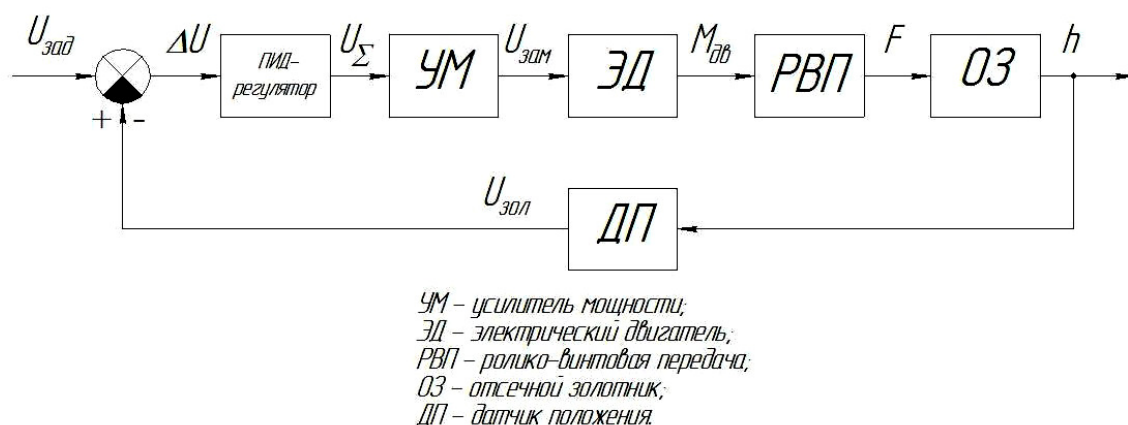


Рис.2 Функциональная схема блока регулирования с электромеханическим приводом и отсечным золотником

В основе структурной модели (рис.3) лежат базовые физические законы динамики с учетом характерных для данного типа оборудования нелинейно-

стей, например, регулирующий клапан имеет ограниченный ход, а также, связь расхода и давления в гидравлической части. Модель может быть представлена в виде системы алгебраических и дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.

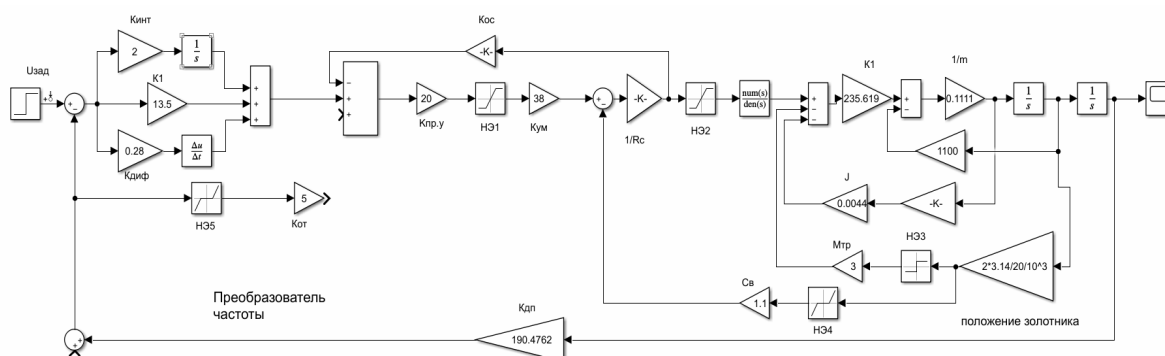


Рис.3 Структурная модель блока регулирования с электромеханическим приводом и отсечным золотником

Данная модель исследована на устойчивость в области выбираемых параметров настройки регулятора ($K_{инт}$ - коэффициент интегратора, уменьшающего статическую ошибку отработки заданного сигнала, K_1 - коэффициент усиления ошибки) и проверена на, влияние настроек регулятора на форму переходного процесса [4].

Оптимальный переходной процесс характеризуется перерегулированием $\sigma \leq 30\%$ и временем переходного процесса $t_{пер}$ до 0,1 с. Колебательность не должна быть высокой [4].

Переходный процесс, представляющий собой зависимость положения золотника от времени, для системы с этими параметрами приведен на рисунке 4.

При исследовании модели ЭСГАР, представленной на рис.3, были подобраны настройки регулятора для оптимального режима: $K_{инт} = 854$; $K_1 = 230$. При данных настройках регулятора перерегулирование составило

$$\sigma = \frac{\Delta}{A} \cdot 100 = \frac{0,005}{0,02} \cdot 100 = 25\% \text{ а время переходного процесса } t_{пер} = 0,096 \text{ с.}$$

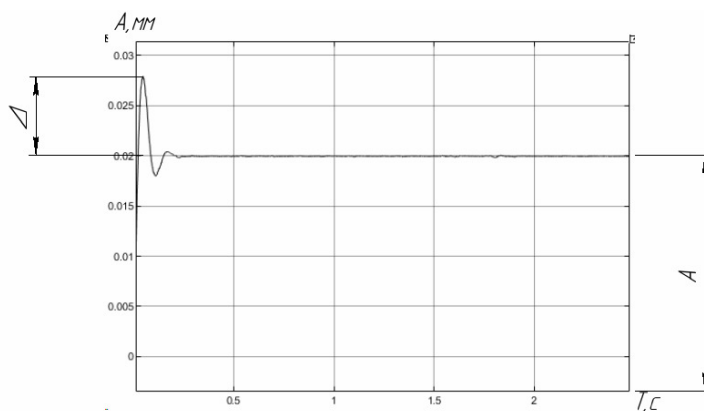


Рис.4 Переходный процесс:

Δ - заброс (мм); A – максимально значение переходной характеристики (мм)

Составлена функциональная схема блока регулирования с электромеханическим приводом и отсечным золотником, разработана математическая модель, рассчитан переходный процесс по положению выходного штока ЭМП, подобраны параметры настройки регулятора. Перерегулирование не превышает 30%, а время переходного процесса меньше 0,1 с, что позволяет считать данный переходный процесс оптимальным. Большой заброс характеризует склонность системы к колебательности.

Список литературы

[1]. Регулирование и автоматизация паровых турбин и газотурбинных установок: Учебное пособие/Под общей редакцией В.Б. Новоселова – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003. – 344 с.

[2]. Паровые турбины малой мощности КТЗ / В.И. Кирюхин, Н.М. Тараненко, Е.П. Огурцова и др. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 215 с.

[3]. Материалы XIII молодежной научно-технической конференции «Взгляд в будущее-2015». С.-Пб.: изд-во АО «ЦКБ МТ «Рубин», 2015. с. 104-106.

[3]. В.В. Жеваженко, Смирнов И.И., Кирюхин АА Булкин АЕ. Автоматическое регулирование энергоустановок. – М.: Изд. дом МЭИ, 2009. – 508 с.

[4]. Булкин АЕ. Автоматическое регулирование энергоустановок. – М.: Изд. дом МЭИ, 2009. – 508 с.

Азаренко Никита Александрович– студент МКЗ-11М, Бакалавр КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: azarenko_2016@list.ru

Шитохина Ольга Григорьевна– доцент, канд. техн. наук КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: shitohina@bmstu.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON ДЛЯ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК КОМПРЕССОРА

На данный момент существует огромное множество специализированных пакетов программ, языков и сред программирования, в которых возможна реализация любого инженерного расчета

Специализированные программные пакеты, например: **GasTurb**, **Aspra**, **DWIGwT** и др. Их неоспоримое достоинство в предоставляемой простоте для пользователя, в большинстве таких программных пакетов вводятся начальные данные, и программа уже по отработанному алгоритму выполнит расчет. Но есть также и недостатки: в основном такие программы закрыты, что исключает возможность для просмотра алгоритма расчета и внесения изменений; второй недостаток – это стоимость таких программ.

Среды и языки для программирования, здесь пользователь самостоятельно реализует любой теплотехнический расчет, но процесс реализации достаточно трудоемкий и возможен только при базовом знании синтаксиса и возможностей данной среды. Примеры таких сред: **Mathcad**, **Matlab**, языки программирования: **VBA**, **C++**, **Python**, **C#** и др.

Для того чтобы выбрать необходимые программные пакеты, среду или язык программирования из всего их множества сформулируем критерии выбора: 1) **Простота** Легкий и понятный синтаксис, в котором не требуется знать принципы ООП (объектно-ориентированного программирования) или сложные структуры данных; 2) **Расширяемость**. Наличие необходимых библиотек и функций для реализации расчета; 3) **Экономичность**. Экономическое обоснование для использования программных пакетов, сред или языков программирования.

Поставленная задача: Аппроксимировать табличные значения характеристики компрессора для дальнейшего использования при расчете ГТУ (газотурбинной установки). При заданной частоте вращения и расходе воздуха получить значения степени повышения давления в компрессоре, а также изоэнтропический КПД компрессора

Специализированные программные пакеты слишком экономически затратны для того, чтобы решить данную задачу.

В свою очередь программные среды имеют ограниченные возможности из-за того, что не обладают библиотеками или функциями для решения данной задачи. Либо же обладают, но процесс реализации необходимого функционала достаточно трудоемкий.

А языки программирования если и не предоставляют библиотеки с готовыми решениями, то дают возможность намного быстрее реализовать недостающие функции. Поэтому решение данной задачи будет реализовано при помощи языка программирования.

Исходя из первого критерия наиболее подходящими языками программирования являются *VBA, Python*. Так как они имеют относительно остальных языков наиболее простой синтаксис.

Но при учете второго критерия *Python* выглядит наиболее подходящим, так как в *Python* имеется большое количество специализированных библиотек, включающих в себя множество уже готовых программных конструкций, что позволяет не тратить силы на их реализацию.

Например: **Matplotlib** и **Numpy** – это библиотеки, которые понадобились для решения поставленной задачи.

Matplotlib – это библиотека на языке *Python* для визуализации данных. В ней можно построить двумерные (плоские) и трехмерные графики.

NumPy (сокращенно от *Numerical Python*) – библиотека с открытым исходным кодом для языка программирования Python. Возможности: 1) поддержка многомерных массивов (включая матрицы); 2) поддержка высокоуровневых математических функций, предназначенных для работы с многомерными массивами.

Но у *Python* есть и свои недостатки: 1) **Низкая скорость**. *Python* – интерпретируемый язык, т.е. выполняется построчно и медленно. Как правило, в небольших проектах это не критично. А в масштабных системах с большим объемом данных и сложными вычислениями разница уже заметна 2) **Динамическая типизация**, которая позволяет писать кратко, не объявляя тип переменной. С одной стороны, это экономит время разработчика, но может привести к ошибкам при попытке выполнить операцию с несоответствующим типом данных. В результате могут появиться ошибки времени выполнения. Чтобы предотвратить это, потребуется дополнительное тестирование кода и добавление проверок на типы.

Пример реализации поставленной задачи на языке программирования Python.

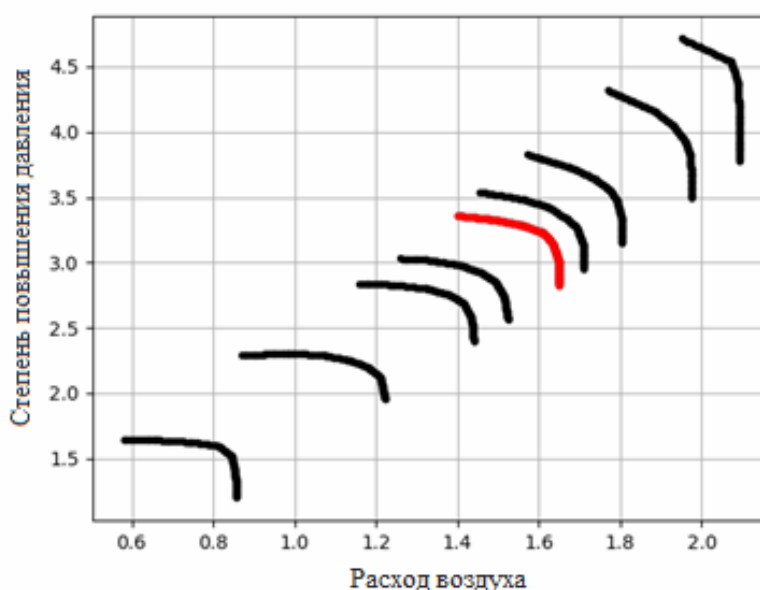


Рис. 1. Напорная характеристика компрессора

Реализация программы по расчету характеристик компрессора показана на рис. 1. Как видно из рисунка программа делит заданные напорные ветви на N -ое количество точек и строит в зависимости от частоты вращения компрессора искомую ветвь (отмечена красным). При известном расходе воздуха через компрессор возможно получение значений КПД и степени повышения давления через функцию линейной интерполяции ветви.

Выводы: Язык программирования *Python* подходит для практически всего спектра задач инженерных расчетов, как в принципе и любой другой язык программирования, но такие достоинства, как простота синтаксиса и наличие огромного количества библиотек, которые заметно облегчают реализацию инженерных расчетов, выгодно выделяют его по сравнению с другими языками программирования.

Список литературы

- [1]. Мерсов АА Языки программирования: методические рекомендации / А А Мерсов, А М. Русаков, В. В. Филатов. – Москва : РТУ МИРЭА, 2022. – 83 с.
- [2]. Копырин АС. Программирование на Python: учебное пособие / А С. Копырин, Т. Л. Салова – Москва : ФЛИНТА, 2021. – 48 с.

Назаров Евгений Сергеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: nazarov3123@gmail.com

Шевелев Д.В.

СЕКЦИЯ 5.

МЕТОДЫ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ; АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Применение искусственного интеллекта (ИИ) в производстве позволяет повысить эффективность, качество продукции и безопасность на производстве. ИИ может использоваться для автоматизации процессов, анализа данных, контроля качества и прогнозирования спроса на продукцию. Однако, использование ИИ может привести к увольнению работников и требует значительных инвестиций. Кроме того, использование ИИ может повысить уязвимость производства к кибератакам. Поэтому важно проводить балансировку между автоматизацией процессов и сохранением рабочих мест, а также обеспечивать безопасность и защиту данных от угроз. Использование ИИ также может помочь предприятиям стать более экологичными и устойчивыми. В целом, при правильном подходе и учете всех факторов, ИИ может стать мощным инструментом для повышения эффективности и конкурентоспособности предприятий.

Ключевые слова: ИИ - искусственный интеллект

Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами с помощью искусственного интеллекта становится все более популярной в современном мире. Искусственный интеллект (ИИ) позволяет улучшить эффективность и точность производственных процессов, а также повысить качество продукции.

Одним из основных преимуществ использования ИИ в производстве является возможность автоматизации многих процессов. Например, ИИ может использоваться для управления роботами на производстве, что позволяет сократить время производства и уменьшить количество ошибок[1].

Кроме того, ИИ может использоваться для анализа больших объемов данных, что позволяет оптимизировать производственные процессы и повысить эффективность работы предприятия. Например, ИИ может использоваться для прогнозирования спроса на продукцию, что позволяет оптимизировать производственные мощности и сократить затраты на складирование[2].

Важным преимуществом использования ИИ в производстве является возможность повышения качества продукции. ИИ может использоваться для контроля качества на всех этапах производства, что позволяет выявлять дефекты и устранять их на ранних этапах производства

Однако, необходимо учитывать, что использование ИИ в производстве также может иметь некоторые недостатки. Например, использование ИИ может привести к увольнению работников, которые ранее занимались выполнением тех же задач.

Кроме того, использование ИИ требует значительных инвестиций в оборудование и обучение персонала. Но в целом, применение искусственного интел-

лекта в производстве позволяет повысить эффективность и качество работы предприятия, что является важным фактором для его успешного развития в современном мире. Кроме того, использование ИИ может привести к возникновению новых производственных задач и возможностей. Например, ИИ может использоваться для создания новых продуктов и услуг, которые ранее не были доступны на рынке.

Также, использование ИИ в производстве может повысить безопасность работников и снизить количество несчастных случаев на производстве. ИИ может использоваться для контроля за работой оборудования и предотвращения аварийных ситуаций[3].

Наконец, использование ИИ в производстве может помочь предприятиям стать более экологичными и устойчивыми. ИИ может использоваться для оптимизации энергопотребления и сокращения выбросов вредных веществ в окружающую среду.

Кроме того, использование ИИ может привести к уменьшению численности работников на производстве. Автоматизация процессов может заменить человеческий труд, что может привести к увольнению работников и ухудшению социальной ситуации в регионе.

Также, использование ИИ может повысить уязвимость производства к кибератакам и хакерским атакам. Системы искусственного интеллекта могут стать объектом взлома и использоваться для проведения кибератак на предприятие.

В целом, использование искусственного интеллекта в производстве имеет как преимущества, так и недостатки. Однако, при правильном подходе и учете всех факторов, ИИ может стать мощным инструментом для повышения эффективности и конкурентоспособности предприятий. Важно проводить балансировку между автоматизацией процессов и сохранением рабочих мест, а также обеспечивать безопасность и защиту данных от кибератак и других угроз.

Один из примеров внедрения ИИ на предприятии Volkswagen - это использование роботов с ИИ для сборки автомобилей. В 2019 году на заводе Volkswagen было запущено производство новой модели Golf с помощью роботов с ИИ.

Плюсы использования роботов с ИИ на производстве включают:

- Увеличение точности и скорости сборки.
- Снижение количества ошибок и брака
- Сокращение времени производства и улучшение эффективности.

В результате использования роботов с ИИ на производстве Volkswagen удалось снизить время сборки автомобиля до 24 часов, что на 30% быстрее, чем при сборке вручную. Кроме того, производительность завода увеличилась на 8%, а количество отказов сократилось на 50%.

Несмотря на высокую стоимость внедрения системы, Volkswagen планирует расширять использование роботов с ИИ на других заводах компании в разных странах мира. Это позволит улучшить качество продукции и повысить эффективность производства на всех предприятиях Volkswagen.

Можно предложить внедрение искусственного интеллекта на предприятии Калужского Турбинного Завода Такой подход в производстве КТЗ приведет к повышению производительности на 5-10%, снижению затрат на производство и улучшению качества продукции на 15-30%. Это может произойти благодаря автоматизации рутинных процессов, оптимизации процессов управления производством, прогнозированию спроса и управлению запасами с использованием алгоритмов машинного обучения и многим другим. Кроме того, ИИ может помочь в улучшении безопасности на производстве и сокращении времени настройки оборудования. В итоге, внедрение ИИ в производство КТЗ может привести к повышению эффективности производства, увеличению прибыли и улучшению конкурентоспособности компании на рынке.

Список литературы

[1]. Батищев Д.И., Исаев С.А Оптимизация многоэкстремальных функций с помощью генетических алгоритмов. Воронеж: ВГТУ, 1997.

[2]. Борисов В.В., Федулов АС. Нечеткие оценочные модели сложных систем с учетом согласования неравнозначных целей // Нейрокомпьютеры: разработка и применение. 2003. № 5. - С. 3-12.

[3]. Брусин В.А Об управлении динамическими системами в условиях неопределенности // Соровский образовательный журнал. 1996. № 6 - С. 115-121.

[4]. Бураков М. В. Синтез нейронного регулятора // Известия Академии Наук. Теория и системы управления. 1999. № 3.

[5]. Васильев В.И., Пантелеев С.В. Нейроуправление новый раздел теории управления сложными системами // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. - 2005. № 5. - С. 33-45.

[6]. Голицина, О.Л. Информационные системы : учебное пособие / О.Л. Голицина, Н.В. Максимов, И.И. Попов. - М. : ФОРУМ: ИНФРА, 2007. - 496 с.

Минин Илья Кириллович – КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана E-mail: ilyaminin02@mail.ru

Бунина Виктория Вячеславовна – КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана E-mail: viktori-bun@mail.ru

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭНЕРГЕТИКЕ

Статья рассматривает применение искусственного интеллекта (ИИ) в энергетической отрасли. Авторы обращают внимание на то, что ИИ может повысить эффективность производства, улучшить качество энергетических услуг и снизить затраты на производство. В статье описываются основные применения ИИ в энергетике, такие как оптимизация работы электростанций, управление потреблением энергии в зданиях и инфраструктуре, прогнозирование погодных условий и спроса на энергию. Особое внимание уделено использованию ИИ для создания «умных» сетей, которые могут автоматически регулировать потоки энергии в зависимости от изменений спроса и предложения. Авторы подчеркивают, что применение ИИ в энергетике может помочь снизить выбросы парниковых газов и повысить эффективность использования возобновляемых источников энергии. В заключении авторы отмечают, что ИИ будет играть все более важную роль в энергетической отрасли в ближайшем будущем.

Ключевые слова: ИИ – искусственный интеллект, энергетика-энергообеспечение

В последние годы искусственный интеллект (ИИ) стал незаменимым инструментом в различных отраслях, в том числе и в энергетике. С использованием ИИ возможны новые подходы к оптимизации производства, распределения и потребления энергии, что может привести к улучшению эффективности, надежности и экономичности производства энергии.

Одной из основных областей применения ИИ в энергетике является управление энергосистемами. С помощью ИИ можно создать интеллектуальные системы управления, которые могут анализировать большие объемы данных, прогнозировать спрос на энергию и оптимизировать работу системы энергоснабжения. Например, с помощью ИИ можно определить оптимальное распределение нагрузки между различными источниками энергии, такими как солнечные панели, ветрогенераторы и генераторы на базе газа. Так, например, компания General Electric использует ИИ для оптимизации работы турбин в газовых электростанциях. Она считывает данные с датчиков, чтобы предсказать отказы в работе и оптимизировать работу турбин для улучшения эффективности и продления срока службы.[1]

Одним из наиболее распространенных применений ИИ в энергетике является прогнозирование спроса на энергию. Спрос на энергию варьируется в зависимости от времени суток, дня недели, сезона и праздников. Правильное прогнозирование спроса на энергию может помочь производителям энергии оптимизировать производство и распределение энергии, улучшить экономическую эффективность и снизить нагрузку на сеть. Например, компания Orus One Solutions использует ИИ для прогнозирования спроса на энергию и оптимиза-

ции потребления энергии. Они используют данные о погоде, ценах на энергию, событиях в области энергетики и других факторах, чтобы предсказать спрос на энергию и оптимизировать ее потребление. [2,3]

Еще одной областью применения ИИ в энергетике является мониторинг и диагностика состояния оборудования. С помощью ИИ можно анализировать данные с датчиков и определять возможные проблемы с оборудованием заранее, до того, как они приведут к серьезным последствиям. Это позволяет увеличить безопасность работы энергосистемы и сократить затраты на обслуживание.

Кроме того, ИИ может использоваться для оптимизации процессов генерации энергии. Например, с помощью ИИ можно определить оптимальный режим работы генераторов, учитывая такие факторы, как спрос на энергию, цены на топливо и погодные условия. Это позволяет повысить эффективность работы генераторов и сократить затраты на производство энергии. Допустим, компания S3.ai использует ИИ для оптимизации распределения энергии на уровне города. Они используют данные с датчиков, чтобы предсказывать потребление энергии в реальном времени и оптимизировать распределение.

Искусственный интеллект также может быть использован для улучшения энергоэффективности зданий. С помощью ИИ можно анализировать данные о потреблении энергии в зданиях и определять возможности для сокращения потребления. Например, с помощью ИИ можно определить оптимальную температуру воздуха в здании, чтобы минимизировать потребление энергии на отопление или кондиционирование.

Наконец, ИИ может использоваться для улучшения безопасности работы энергосистемы. С помощью ИИ можно анализировать данные с камер видеонаблюдения и датчиков, чтобы определить возможные угрозы безопасности, такие как пожары или взрывы. Это позволяет быстро реагировать на угрозы и предотвращать возможные аварии.

Однако, несмотря на многочисленные преимущества, использование ИИ в энергетике также имеет свои риски. Например, неправильная настройка системы управления может привести к сбоям в работе энергосистемы или даже к авариям. Кроме того, использование ИИ может привести к потере рабочих мест в отрасли.

В целом, использование искусственного интеллекта в энергетике имеет большой потенциал для повышения эффективности работы систем энергоснабжения и улучшения безопасности. Однако, необходимо учитывать риски и принимать меры для минимизации возможных негативных последствий.

В заключении можно отметить, что искусственный интеллект имеет большой потенциал в энергетике и возможность улучшения производительности, эффективности и экономической выгоды в различных областях. Различные исследования показывают, что применение искусственного интеллекта в системах энергетики может значительно снизить затраты на энергию, улучшить качество энергетических услуг и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Однако, необходимо продолжать исследования и разработки в этой об-

ласти, чтобы максимально использовать потенциал искусственного интеллекта в энергетике и создать более устойчивую и экологически чистую энергетическую систему.

Список литературы

[1]. Kusiak, A., Song, Z., and Li, X. (2019). Artificial intelligence in energy and renewable energy systems: An overview. *Applied Energy*, 233, 15-27.

[2]. Li, X., and Kusiak, A. (2018). Artificial intelligence in energy and environmental applications. *Energy and AI*, 1, 1-12.

[3]. Wang, X., Li, H., and Zhang, X. (2019). A review of artificial intelligence applications in power systems. *Electric Power Systems Research*, 170, 1-11.

[4]. Zhang, Y., and Wu, T. (2019). Applications of artificial intelligence in energy systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 107, 1-10.

[5]. Gao, Y., Xu, X., and Wang, J. (2020). A review of artificial intelligence applications in smart grid operation and control. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 117, 109496.

[6]. Wang, Y., Yang, X., and Huang, B. (2020). A review of artificial intelligence applications in wind power forecasting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 124, 109775.

[7]. Bello-Mendoza, R., and Aguilar-Lasserre, A. (2020). Artificial intelligence applied to energy management systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 121, 109642.

[8]. Liang, F., and Huang, S. (2020). Artificial intelligence in power system operation and control: A review. *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, 8(2), 187-197.

[9]. Li, Y., Chen, Z., and Liu, Y. (2020). A review of artificial intelligence applications in energy storage systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 117, 109458.

[10]. Liu, Y., Li, J., and Wang, H. (2020). A review of artificial intelligence applications in photovoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120, 109660.

Бунина Виктория Вячеславовна – КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана E-mail: viktori-bun@mail.ru

Минин Илья Кириллович – КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана E-mail: ilyaminin02@mail.ru

СОЗДАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРНЕТ МАГАЗИНА НА БАЗЕ МЕССЕНДЖЕРА TELEGRAM

Данная научная статья посвящена разработке Telegram-бота на языке программирования Python. В статье описывается, как создать бота, который будет взаимодействовать с пользователем через Telegram, основываясь на API Telegram. В статье представлены основные инструменты и методы работы с API Telegram для разработки и настройки ботов, а также рассмотрены примеры их использования. Авторы статьи рассматривают не только простые функции бота, но и сложные алгоритмы его работы. Использование Telegram-бота на языке Python предоставляет широкий спектр возможностей для автоматизации процессов, устранения ошибок и улучшения производительности в различных сферах бизнеса и жизни в целом. В итоге, статья представляет собой полезный ресурс для тех, кто хочет научиться создавать Telegram-боты на языке Python.

Ключевые слова: API, мессенджер

Актуальность

В повседневной жизни социальные сети все больше внедряются в жизни людей, они помогают человеку получить любую интересующую информацию, зарабатывать средства, общаться и многие другие возможности. Некоторые социальные сети представляют дополнительные возможности, например чат-боты. Они помогают автоматизировать работу человека, сделать ее более проще и удобнее. В некоторых мессенджерах присутствует функция разработки чат-бота, например мессенджер Telegram и WhatsApp представляют такую возможность пользователю.

Постановка задачи

Научная исследовательская работа посвящена разработке чат-бота в мессенджере Telegram, бот дает возможность автоматизировать процесс продажи цифровых товаров в интернете, подойдет этот бот для людей, которые хотят продавать аккаунты с подписками на фильмы, книги и многое другое, на что хватит фантазии и предпринимательства продавцу.

Функционал:

Требования

- Возможность добавления товаров.
- Быстрое и удобное пополнение баланса
- Работа с базой данных (необходимо что бы бот храни информацию о пользователе).
- Удобный и понятный интерфейс.
- Возможность редактировать интерфейс не используя программный код (Права администратора).
- Надежная защита от утечки информации.

- Высокая скорость работы.
- Маленькая затрата ресурсов компьютера

Выбор платформы:

Telegram – кроссплатформенная система мгновенного обмена сообщениями (мессенджер) с функциями VoIP, позволяющая обмениваться текстовыми, голосовыми и видеосообщениями, стикерами и фотографиями. Если сравнивать: Telegram или WhatsApp, а также сопоставлять этот мессенджер с Viber’ом, то можно найти немало сходств. Однако Telegram обладает несомненными преимуществами среди остальных сетей, поскольку у него очень богатый функционал и надежная система защиты. Основные преимущества Telegram которые необходимы нам:

- Разрешается отправлять файлы большого размера В Телеграм можно делиться со своими близкими и друзьями часовыми фильмами, а также очень большими файлами, там не ограничен допустимый размер выгрузки документов.

- Надежная защита от утечки информации. При помощи специально созданного протокола вся информация, находящаяся в Телеграм в каждом диалоге, строго зашифрована и к ней нет доступа даже у работников самого сервиса, поэтому никто не сможет узнать о разговорах в личных переписках или беседах.

- Telegram может работать одновременно на нескольких устройствах, не нужно иметь приложение на телефоне, чтобы пользоваться

Телеграмом на компьютере. Вообще не обязательно устанавливать Telegram на телефон. Код для входа в первый раз придёт в СМС, а при последующих логинах будет приходиться в приложение Telegram.

- История сообщений в Telegram синхронизируется между устройствами в реальном времени. Можно начать писать сообщение на телефоне и дописать его на ПК.

- Telegram хранит все данные в облаке, а не в памяти телефона Все скачанные фото и файлы можно удалить с устройства, чтобы освободить место – они не потеряются и их можно будет скачать обратно в любой момент.

- Не обязательно давать кому-то свой номер телефона, чтобы с ним общаться. Достаточно придумать себе @юзернейм (псевдоним), а номер останется скрытым.

- Есть возможность для создания ботов и самоудаления сообщения при выставлении таймера

- Высокая скорость работы. Сообщения доставляются за считанные секунды без сбоев и задержек.

Также существуют и другие полезные функции, которые делают Telegram преимущественно лучше перед остальными мессенджерами. Эта сеть не стоит на месте и постоянно совершенствует свой сервер, чтобы пользователи могли еще быстрее и качественнее делиться всей необходимой информацией друг с другом.

Выбор языка программирования

В качестве языка программирования был выбран Python 3.10.5 версии и среда разработки Visual Studio Code. Данный язык программирования был выбран, потому что он идеально подходит для изучения новичками, прост в понимании и имеет специальные библиотеки для разработки чат-ботов. Среда разработки, которую мы выбрали, содержит в себе много полезных функций, например установку различных расширений для удобного и быстрого «кодинга», то есть упрощения работы разработки проекта

После поставленной задачи, выбора платформы и языка программирования мы начинаем написание кода реализации.

Проектирование бота:

- разработка панелей для покупателей, в которой они смогут посмотреть категории и разделы товаров, посмотреть свой профиль, в котором они будут видеть всю информацию о них, например количество покупок и др., кнопку пополнения баланса, в которое подключим API платежной системы QIWI, раздел подробной информации и реферальной системы.

У продавца будет дополнительная панелька для удобной работы с товаром, чтобы не изменять ничего в ручную в коде. Он сможет добавить, удалить или загрузить товар в раздел или категорию, отправить рассылку всем зарегистрированным пользователям бота о новостях магазина или загрузки новых товаров, посмотреть топ реферальных доходов у пользователей и изменять им баланс.

Архитектура включает в себя две части: Frontend и Backend. Frontend – Пользовательский интерфейс и функции, которые работают непосредственно на клиентской стороне. Backend – серверная часть проекта (Работа с базой данных, сохранения, загрузка данных пользователя).

Реализация бота была разбита на пять файлов, у каждого файла своя задача, сделано это для того, чтобы упростить «чтение» кода другим разработчиком и не запутаться самому.

Список файлов проекта:

- settings.py – скрипт, содержащий основные параметры для настройки бота, такие как: токен бота, айди админа, логин бота, токен QIWI бота и другое;
- menu.py – скрипт, содержащий алгоритмы интерфейса меню чат-бота
- main.py – скрипт, содержащий алгоритмы работы кнопок в меню чат-бота;
- functions.py – скрипт, содержащий в себе взаимодействие с пользователем и алгоритмы функций для взаимодействия с сервером.
- base_ts.sqlite – база данных, для работы с сервером для получения или отправки новых запросов.

Порядок разработки бота:

Для разработки бота была выбрана известная библиотека Telebot. Самое важное для работы с этой библиотекой – это получения токена нашего бота, который мы создаем перейдя в бот @BotFather. Введя команду /newbot, нужно будет задать имя бота, обязательно, чтобы в нем было слово bot или robot, по-

сле мы получим сообщение о успешном создании бота и получим к нему токен, чтобы загружать на него наш код.

Для того чтобы бот у нас работал круглосуточно и мы не запускали его через среду разработки, мы его на стороннем хостинге <https://www.pythonanywhere.com/>. После регистрации мы загружаем файлы нашего скрипта, запускаем терминал, подключаем используемые библиотеки и запускаем главный файл (`main.py`). После успешного запуска и ввода команды `/start`, мы получим главное меню нашего магазина, в котором мы можем купить товар, пополнить баланс или посмотреть свой профиль с покупками. Для продавца, введя команду `/admin`, выведется панель управления каталогом, изменения баланса или отправки рассылки в бота зарегистрированным пользователям.

Список литературы

Оленич Никита Николаевич – КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана E-mail: nicitaolenitch@yandex.ru

Шмелёв Данил Николаевич – КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана E-mail: alynqm@gmail.com

СЕКЦИЯ 6.

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ

ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ МАКУЛАТУРЫ

Переработка отходов, их утилизация являются серьезными проблемами жителей Земли. В настоящее время объем образования твердого мусора составляет более 400 кг на 1 жителя планеты за 1 год. Около 35% от этого объема составляет бумага и ее производные (макулатура) и только около 30% - остатки продуктов питания [1].

В мире ежегодно вырубают сотни тысяч деревьев, в том числе, ради производства бумаги. Проблема вырубки лесов, являясь важной для всех стран, привела к ощутимой нехватке кислорода С другой стороны, она влечет за собой климатические изменения, снижение биоразнообразия растений и другие негативные последствия. Более трети всех вырубаемых деревьев используются в бумажном производстве. И только 16% из них выращены для промышленных целей [1].

Чаще всего макулатуру после однократного использования отправляют в мусор, несмотря на то, что переработка её отходов на данном этапе является актуальной.

Цель предстоящей работы - анализ тенденций вторичной переработки бумажного мусора

Как показало проведенное исследование, во многих странах развивается тенденция применения самого результативного метода обращения с отходами - переработка вторсырья. Это видно на примере производства бумаги из первичного сырья и вторичного.

Первичное производство бумаги – процесс очень затратный как в энергетическом плане, так и в плане использования природных ресурсов. Для того, чтобы произвести одну тонну бумаги, необходимо:

- вырубить порядка 20–25 деревьев;
- потратить тысячу киловатт электроэнергии;
- потратить 20 тысяч литров воды.

Производство бумаги из натуральной древесины крайне негативно воздействует на окружающую среду, считается третьим по уровню загрязнения атмосферы, воды и грунта Кроме углекислого газа при производстве бумаги в атмосферу выделяется целый ряд токсичных соединений – диоксин (канцерогенное вещество), диоксид хлора, формальдегид и другие [1].

Организация переработки макулатуры за рубежом и в нашей стране. В Америке и Европе распространяются технологии, позволяющие максимально эффективно использовать вторичное сырье. Наша страна в этой сфере пока отстает, хотя имеет громадный опыт в переработке отходов.

Существует несколько причин, из-за которых необходимо утилизировать картон и бумагу. Главной из них является экологичность по сравнению с изготовлением макулатуры из первичного сырья.

Переработка макулатуры – значительно менее опасный для экологии процесс, чем основной процесс производства бумаги. Американские экологи ут-

верждают, что вторичная переработка макулатуры позволяет снизить уровень загрязнения атмосферы на 74%, воды – на 35% [2].

В сфере переработки макулатуры лидером считается Финляндия, в стране селективная сортировка отходов успешно работает уже более 20-ти лет. В Финляндии из вторсырья производят привычный для всех европейских стран гофрокартон. В стране из пакетированных упаковок изготавливается порошок из алюминия. В дальнейшем применяется на металлургическом производстве других государств. Переработка макулатуры становится не только безотходной, но и приносит экономическую пользу для самого государства

Высокий показатель переработки макулатуры по сравнению с другими странами имеет Германия. В Германии в качестве вторичного использования бумаги, акцент делается на стройматериалы, в которых должна использоваться бумага. Для этого идеально подходит переработанная целлюлоза, которая применяется в изготовлении изоляции с покрытием из бумаги [3].

Такие страны, как Тайвань, Китай, Южная Корея, напротив, активно скупает у других государств макулатуру для собственной переработки. При этом сами изготавливают из вторичного, бумажного сырья бумажные стаканчики (одноразового использования), крафтовую бумагу, эковату, этикетки, картонные упаковки, гофрированный картон и многое другое.

В нашей стране за год образуется порядка 8 млн. тонн макулатуры, из них 7 млн. тонн пригодны к переработке. Сейчас собирается и отправляется на переработку порядка 4,5 млн. тонн. С начала 2000-х гг. в России переработка собираемой макулатуры выросла более чем в 6 раз, а по самому распространенному виду макулатуры, отходам гофрированного картона и его компонентов (МС-5Б), в 8 раз. Российский показатель доли перерабатываемой макулатуры в настоящее время близок к мировому, который составляет около 65%. В России формируется рынок экологичной бумажной и картонной упаковки, производство которой, предполагается увеличивать на 8-10% в год [4].

С другой стороны, нужно отметить, что продукция переработки макулатуры из России востребована за границей.

Переработка отходов макулатуры. Как показало исследование, деятельность мусороперерабатывающих предприятий сейчас забирает лишь 5% макулатуры от всего объема. Вся остальная продукция разлагается на полигонах ТКО.

В России используются 3 стадии переработки этого сырья для вторичного использования:

- первичная обработка и очистка - здесь разные виды макулатуры преобразовываются в целлюлозу;
- вторичная обработка уже полученной массы - делает ее более качественной и пригодной для изготовления полноценной бумаги, немного грубой, но при этом качественной фактуры;
- отдельным этапом выделяют переработку картона, в том числе ламинированного, для его преобразования во вторсырье требуется больше технических возможностей, процедур и времени.

Основной проблемой для нашей переработки бумаги и ее производных заключается в отсутствии правил и культуры у населения отдельного сбора ТКО. При смешивании различных отходов, в том числе и бумаги, последняя безнадежно портится [1].

Основные процессы переработки макулатуры. После сбора использованной бумаги при ее переработке на комбинатах используется целый ряд процессов.

Сначала сырье собирают и отсортировывают. В зависимости от качества изначального сырья и требований к конечному продукту используются различные методики переработки макулатуры, оборудование. Работники перерабатывающих предприятий отделяют бумагу с графикой от картона и крафт-бумаги.

На первых этапах переработки выполняется роспуск сырья на волокна в специальных гидравлических разбивателях. Эти устройства также отделяют любые включения от основного сырья, которые не должны поступать в последующий производственный процесс. Далее осуществляется очистка полученной массы от примесей (песок, металл, стекло), оседающих на специальном грязесборнике [2].

Методы удаления частиц примесей из макулатурной массы представлены на рис.1 [5].

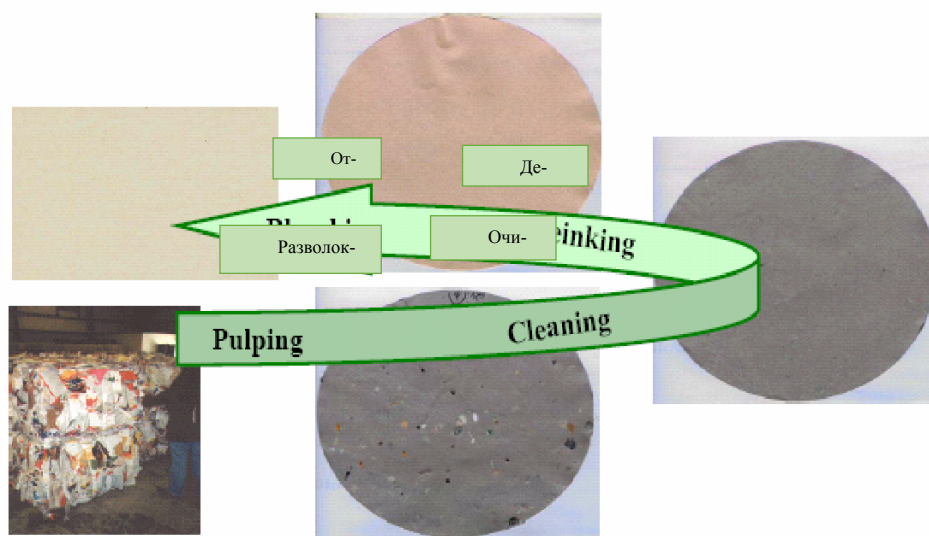


Рис. 1. Методы удаления примесей из макулатурной массы: разволокнение, очистка, деинкинг, отбелка [5]

В зависимости от свойств примесей применяются:

- очистка: плотность и размер частиц;
- сортирование: форма и размер частиц, их деформируемость (липкие вещества);
- промывка: размер частиц и их форма;
- флотация: поверхностные свойства и размер частиц.

Процесс переработки картона прессованного несколько отличается от работы с бумагой. Сложносоставное сырье должно пройти температурную обработку, с помощью которой из картона удаляется клей, воск и другие включения.

На завершающем этапе полученное сырье распускается на мельчайшие элементы и подвергается тончайшей очистке.

Чтобы получить качественную переработанную бумагу сырьем может потребоваться обесцвечивание – удаление старой краски и печати. Из неочищенных от краски волокон можно производить бумагу или другие продукты низкого качества, необходимость таких работ определяется конечной целью переработки.

Современные методы переработки макулатуры требуют модернизации. Применяемые на комбинатах и заводах средства позволяют перерабатывать бумагу несколько раз, зависит от качества оборудования. Каждая последующая работа с сырьем снижает длину волокон, в итоге они становятся непригодными для производства качественной бумаги, картона или любых других товаров. Именно поэтому пока невозможно полностью отказаться от производства новой бумаги, хотя средства переработки отходов и их вторичного использования постоянно развиваются [2].

В настоящее время переработка макулатуры позволяет решить проблему утилизации большей части отходов, что само по себе окажет положительное влияние на состояние окружающей среды. Использование утильсырья дает возможность существенно сократить вырубку деревьев, существенно экономить нефть, воду. Кроме того, изготовление бумаги из вторсырья менее энергозатратно по сравнению с первичным производством.

В процессе производства бумаги из макулатуры используется значительно меньше вредных химических соединений по сравнению с производством из натуральной древесины.

Список литературы

[1]. *Мировой опыт переработки бумаги: в каких странах применяются лучшие практики* (makulatur.ru).

[2]. *Зачем утилизировать и перерабатывать макулатуру* (makulatur.ru).

[3]. *Переработка макулатуры в Европе* (garantplus-ekb.ru).

[4]. *Переработка макулатуры в России выросла в 6 раз за 20 лет – Россельхозбанк. - СИА* (sia.ru).

[5]. *Ковалева О. П. Технология переработки макулатуры : учебное пособие / О. П. Ковалева – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2021. – 72 с. – ISBN 978-5-9239-1207-4. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система – URL: <https://e.lanbook.com/book/166696> (дата обращения: 28.03.2023).*

Готвальд Елена Дмитриевна – студент ИУК7-61Б, КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: [lena.gotvald@icloud.com](mailto:lana.gotvald@icloud.com)

Яковлева Ольга Владимировна – доцент кафедры "Экология и промышленная безопасность", канд. техн. наук КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: yakowlewaolga24@mail.ru

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МАСЛОЭКСТРАКЦИОННОГО ЗАВОДА

Сточные воды предприятия, которые не проходят очистку на водоочистных сооружениях представляют собой огромную экологическую проблему.

В связи с тем, что в сточных водах маслоэкстракционных заводов содержится большое количество растительных и животных жиров, поверхностно активные вещества, масла, взвешенные вещества и другие показатели загрязнений. сброс в водоем неочищенных стоков по предусмотренным действующим нормативным документам невозможен [1].

Целью исследования являлось определение перспективного процесса интенсификации биологической очистки для создания наиболее эффективной технологии очистки сточных вод маслоэкстракционного завода

Проведенный анализ применяемых схем и методов очистки показал, что в настоящее время для очистки сточных вод маслоэкстракционного производства наряду с методами механической, физико-химической очистки, традиционно используют биологическую очистку. Основной проблемой данного метода является часто недостаточный эффект очистки стоков и большой объем образующихся осадков, что пагубно влияет на экологическую обстановку.

Нахождение и разработка передовых технологий, направленных на повышение эффективности работы сооружений биологической очистки сточных вод маслоэкстракционного завода является актуальной.

Проведенное исследование показало, что с большим количеством органических загрязнений в сточных водах может справиться процесс вермифилтрации, который интенсифицирует работу сооружений биологической очистки, биофильтров.

Вермифилтрация – это биологический метод очистки сточных вод на основе протекания двух процессов: вермикомпостирование и биофилтрация. Вермикомпостирование представляет собой совместное использование дождевых червей в вермифилтре и аэробных организмов в составе биофильтра, что значительно увеличивает эффективность очистки сточных вод. При такой технологии очистки сточных вод происходит полная утилизация органических и неорганических загрязнений и дезинфекция этих стоков [3]. Для данного процесса нужно выбирать определённый вид дождевых червей, которые способны поглощать большое количество органических и неорганических соединений. Так же которые будут устойчивы к определенным условиям (пониженная температура, высокая концентрация загрязняющих веществ) [2].

Принцип работы вермифилтрации: в капельный биофильтр на загрузку помещаем дождевых червей. После того как сточная вода поступает в биофильтр, черви начинают поглощать органические и неорганические соединения, илстую фракцию и выделяют копролиты. Копролиты – это водопрочные гранулы, благодаря которым верхний слой не заиливается и фильтрует продолжительное время. После чего жидкая фракция переходит в нижние слои био-

фильтра, которые покрываются биопленкой из аэробных микроорганизмов. С их помощью осуществляется окончательная очистка сточных вод. На выходе сточная вода содержит минимальное количество органических и неорганических соединений. А осадок после прохождения через капельный биофильтр в разы меньше, чем по традиционному способу очистки в биофильтре.

На основании проведенного аналитического исследования, при разработке технологической схемы очистки сточных вод маслоэкстракционного завода применен биофильтр с использованием процесса вермифильтрации (рис.1).

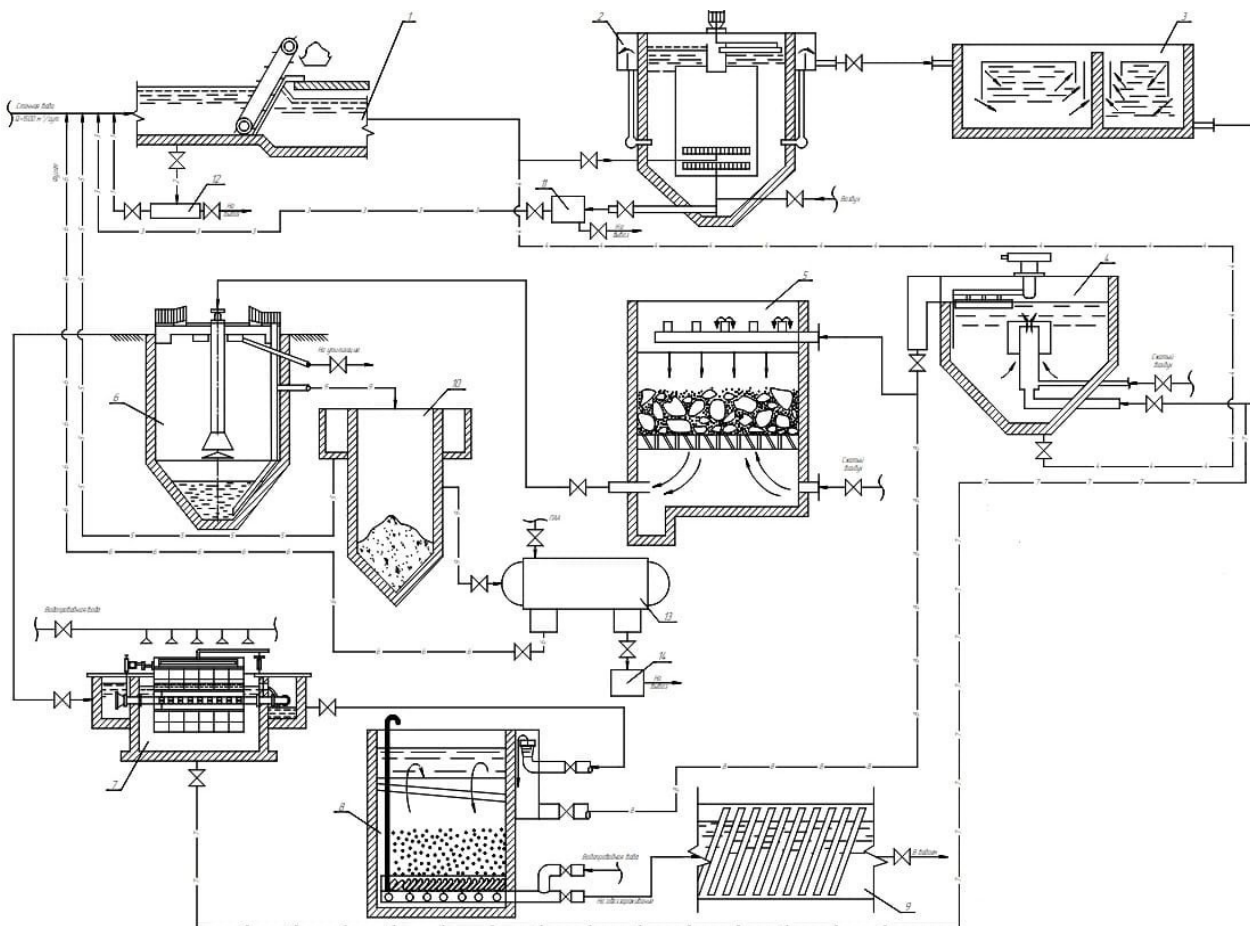


Рис.1. Технологическая схема очистки сточных вод маслоэкстракционного завода: 1 - механическая решетка; 2 - аэрируемая жироловушка, 3 - прямоугольный усреднитель; 4 - напорный флотатор, 5- капельный биофильтр; 6- вертикальный отстойник; 7- барабанная сетка; 8 - скорый фильтр с загрузкой; 9 - УФ-установка; 10- осадкоуплотнитель; 11- сборник после жироловушки 12- сборник осадка после механической решетки ;13- центрифуга ; 14- сборник после центрифуги

Сточная вода, пройдя традиционные сооружения очистки, поступает на капельный биофильтр, где используется процесс вермифильтрации. Далее вода поступает на дальнейшую обработку и обеззараживание. Очищенные сточные воды, которые соответствуют всем нормативам, поступают в водоем.

Проведенное исследование показало, что при применении для очистки сточных вод на биофильтрах процесса вермифильтрации увеличится эффектив-

ность очистки сточных вод маслоэкстракционного завода, уменьшатся затраты на разработку технологии очистки, минимизируются отходы процесса очистки.

Список литературы

[1] Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. №552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

[2] Патент Казахстана No30997, 15.03.2016, Кан В. М., Титов И. Н., Титов Н.Н. К изобретению «Способ очистки сточных вод». Режим доступа:

<https://kzpatents.com/5-30997-sposob-ochistki-stochnyh-vod.html?ysclid=1fbho70j4m643873674>. (Дата обращения 22.03.2023)

[3] *Титов И.Н.* Вермикультура: Инновационная технология вермифилтрации очистки сточных вод// Вестник Томского государственного университета Биология, – 2012, – С.25 – 80.

Силкина Виктория Валерьевна – студент группы ИУК7-81Б, КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: silkina_vichka@mail.ru.

Яковлева Ольга Владимировна – доцент кафедры "Экология и промышленная безопасность", канд. техн. наук КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: yakowlewaolga24@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МЯСОКОМБИНАТОВ

В настоящее время проблема очистки промышленных стоков и подготовки воды для технических и хозяйственно-питьевых целей с каждым годом становится все более актуальной. Сложности очистки связаны с чрезвычайным разнообразием примесей в стоках, количество и состав которых постоянно изменяется.

Любой мясной комбинат в своих производственных процессах использует воду. Вода используется в разных целях, в том числе для бытовых нужд работающего персонала, однако наибольшее ее количество требуется для мытья оборудования, используемой тары, продукции и помещений разделочных цехов. Конечно, такой способ использования воды на мясокомбинате, влечет за собой образование стоков, которые содержат большое количество взвешенных веществ и загрязнений органического характера (жиры, белки, кровь). Необходимо отметить опасность сточных вод данного характера для окружающей среды. Сброс неочищенных сточных вод мясокомбината в водоемы причиняет большой ущерб. Вредное влияние сточных вод мясокомбинатов связано, прежде всего, с тем, что их относят к категории высококонцентрированных по содержанию органических загрязнений [2].

Целью работы являлось проведение анализа применяемых методов и схем очистки сточных вод мясокомбинатов.

Исследование показало, что степень и качество, до которых необходимо очистить сточные воды предприятий, занимающихся переработкой мяса, зависит от того, какой предполагается система водоотведения.

Для очистки сточных вод мясокомбинатов применяются традиционно механические, химические, физико-химические и биологические методы очистки. Применение того, или иного метода в каждом конкретном случае определяется характером загрязнения и степенью вредности примесей. На завершающем этапе очистки, если не предусматривается сброс сточных вод в канализацию с последующей их очисткой на городских очистных сооружениях, предусматривается обеззараживание [1]. Это подтверждается при рассмотрении используемых технологий очистки, представленных на схемах ниже.

Так в представленной схеме на рис. 1 наряду с традиционными методами очистки, используется комбинированный метод очистки сточных вод предприятий мясной промышленности, позволяющий получать более стабильный результат очистки с доведением его сброса в водный источник.

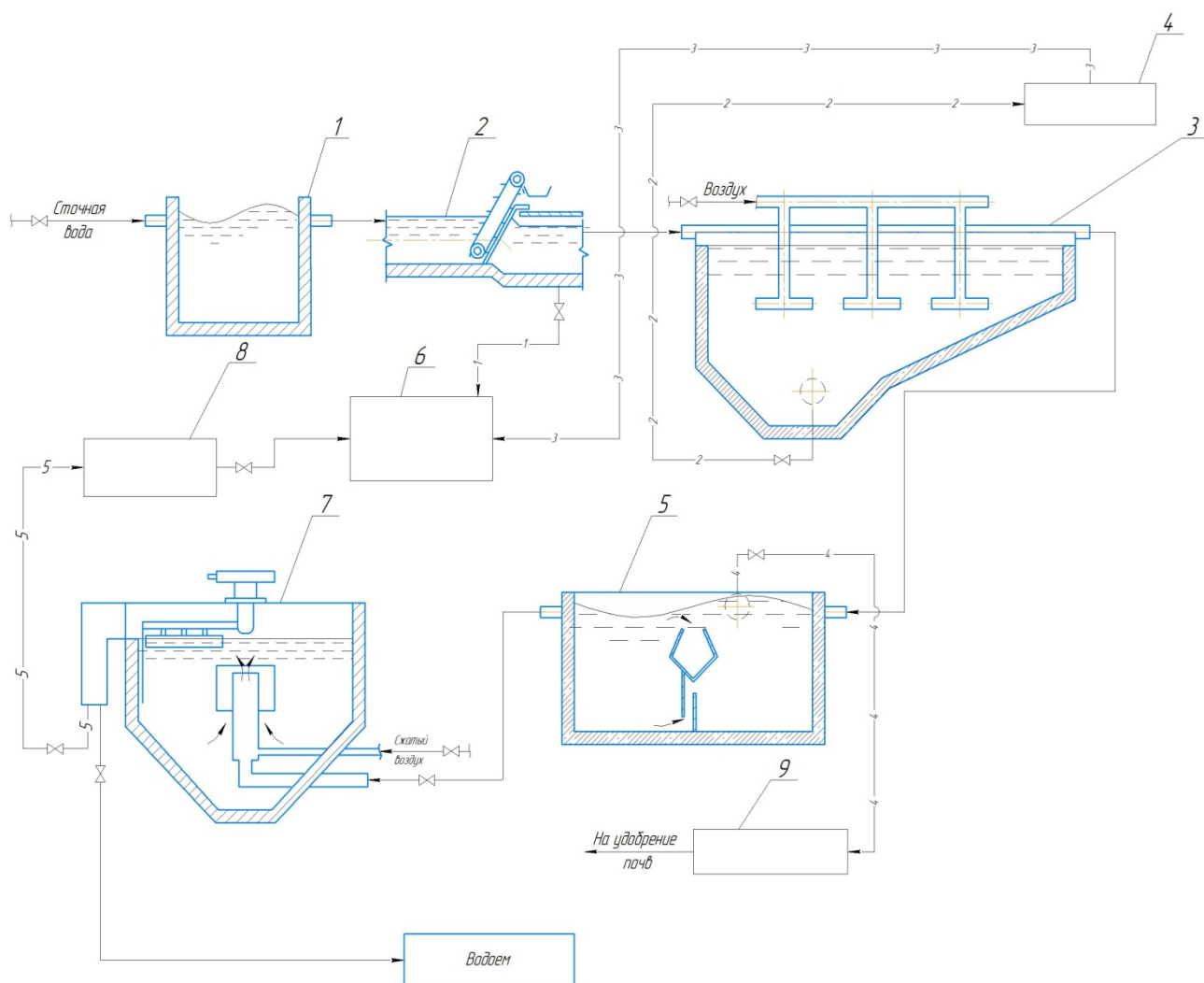


Рис.1. Схема очистных сооружений мясоперерабатывающих комбинатов:
 1 – приемная камера; 2 – механическая решетка; 3 – аэрируемая песколовка;
 4 –песковые площадки; 5 – жируловитель; 6 – полигон ТКО;
 7 – электрофлотокоагулятор; 8 – емкость шлама; 9 – иловые площадки

В состав биологических очистных сооружений предприятий мясной промышленности обычно входят приемная камера; механические решетки; песколовки; два блока емкостей, состоящих из аэротенка, вторичного отстойника, контактного отстойника и песчано-гравийные фильтры.

На рис. 2 представлена схема с использованием биологической очистки сточных вод мясокомбинатов с применением аэротенков.

Для обеззараживания сточных вод мясокомбинатов чаще применяют процессы обработки хлор-агентами, озонирования и УФ –обработки воды.

На основании анализа, а также исследования традиционно применяемых методов очистки сточных вод определено, что перспективными методами очистки сточных вод мясокомбината, позволяющими соблюдать условия сброса в водоем, наряду с механическим, биологическим, являются физико-химические методы.

Наилучший эффект очистки предполагает применение комбинации методов, выбираемых в зависимости от качественных и количественных показателей поступающих на очистку стоков [2].

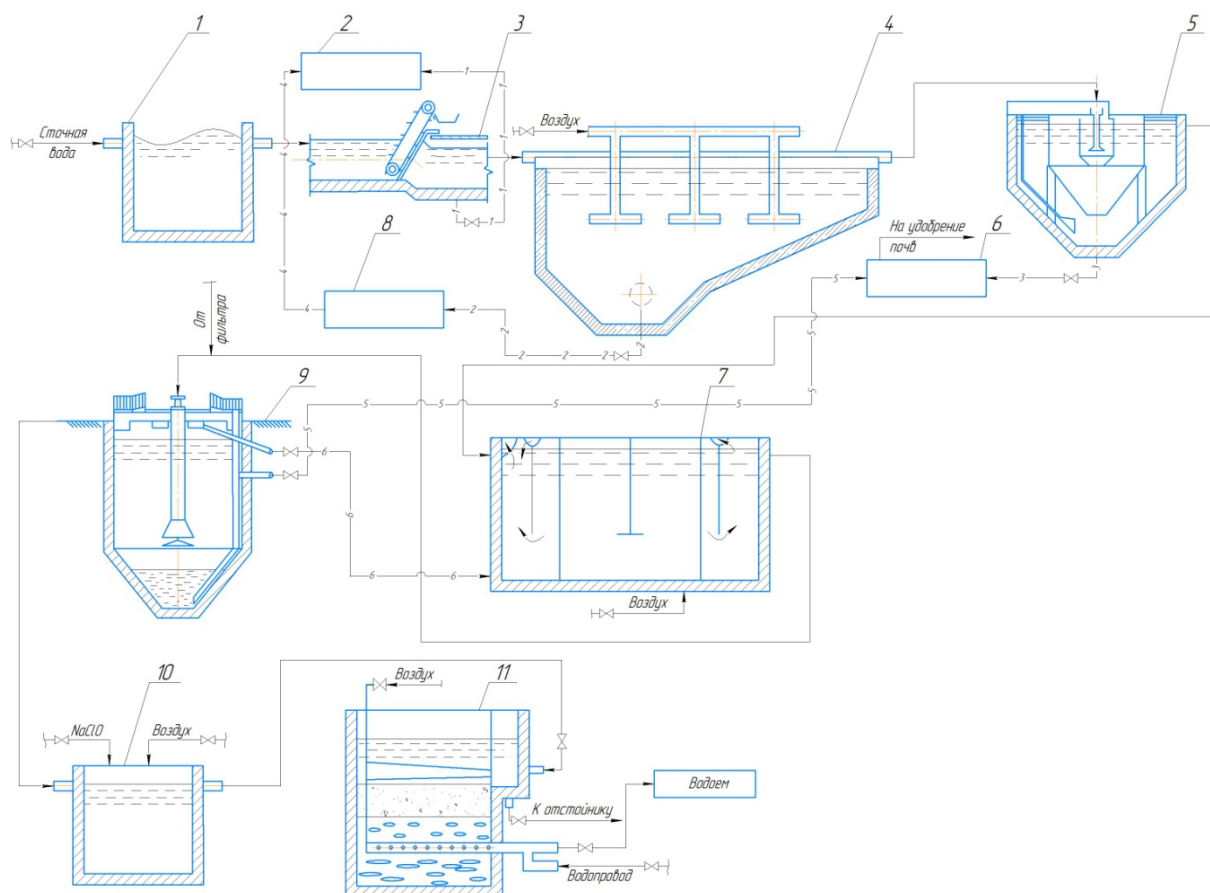


Рис. 2. Схема биологической очистки сточных вод мясокомбинатов с применением аэротенков: 1 – приемная камера; 2 – полигон ТКО; 3 – механическая решетка; 4 – аэрируемая песколовка; 5 – осветлитель - перегниватель; 6 – иловые площадки; 7 – аэротенк-смеситель; 8 – песковые площадки; 9 – вторичный отстойник; 10 – контактный резервуар для обеззараживания воды; 11 – песчано-гравийный фильтр

Проведенное исследование показало, что концентрация поступающих на очистку в сточных водах мясокомбинатов загрязнений достаточно велика. Поэтому для необходимой эффективности очистки необходимо использовать на заключительном этапе для получения стабильного показателя сброса процесса озонирования. Это подтвердили проведенные расчеты эффективности очистки сточных вод.

Озонирование – эффективный, быстрый и относительно недорогой способ очистки и обеззараживания воды. Озон обладает сильными окислительными свойствами. Благодаря этому очистка сточных вод осуществляется эффективно. Его используют в системах очистки канализационных стоков для удаления опасных веществ, которые могут вызвать заражение грунта и поверхностных водоемов. Основным плюсом этого метода является то, что при его использовании не нужны активные химические реагенты, а получаемая вода доочищена

и безопасна Данный метод очистки сточных вод великолепно комбинируется с другими технологиями (рис.3) [3].



Рис. 3. Блок-схема очистки сточных вод мясокомбинатов с применением озонаторной установки

Для проведения эффективной очистки сточных вод мясокомбинатов необходимо учитывать количество и качество поступающих на очистку стоков, а также требования к сбросу очищенной воды. Наблюдается тенденция использования комбинированных методов очистки. Для соблюдения строгого требования сброса очищенных сточных вод мясокомбинатов в водный объект более эффективно применение озонирования [2].

Список литературы

[1]. *Ветошкин А.Г.* Процессы и аппараты защиты гидросферы. Учебное пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. –154 с.

[2]. *Яковлева О.В.* Системы обеспечения техносферной безопасности//Методические указания к выполнению курсового проекта – Калуга: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019 – 51 с.

[3]. *Яковлев, С.В.* Очистка производственных сточных вод: учеб. пособие для вузов / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов. - М.: Стройиздат, 1985. - 335 с.

Шарафеева Римма Борисовна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: sharafeeva776@gmail.com

Яковлева Ольга Владимировна – доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: yakowlewaolga24@mail.ru

СНИЖЕНИЕ ГАЗОВОЙ ЭМИССИИ ОБЪЕКТОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ТКО

Статья посвящена проблеме загрязнения биосферы твердыми коммунальными отходами (ТКО). Особое внимание уделено загрязнению атмосферного воздуха свалочным газом и образованию метана на неизолированных российских свалках, что приводит к пожарам и выделению токсичных веществ в атмосферу. Рассматривается математическая модель газовой эмиссии.

Ключевые слова: газовой эмиссии, твердые коммунальные отходы, математическая модель газовой эмиссии

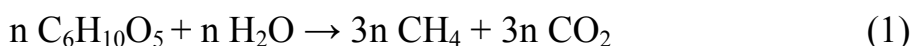
Загрязнение биосферы твердыми коммунальными отходами (ТКО) в связи с ростом их масштабов и динамики, способностью оказывать негативное воздействие на здоровье человека и окружающую его природную среду является глобальной эколого-гигиенической проблемой современности. Одним из основных видов антропогенного воздействия свалок и полигонов ТКО на окружающую среду является загрязнение атмосферного воздуха свалочным газом (СГ), образующимся в результате естественного биологического разложения органических компонентов, складываемых на свалках отходов.

На неизолированных российских свалках образование метана является причиной их самовозгорания, приводит к трудно ликвидируемым пожарам и выделению в атмосферу значительного количества токсичных веществ, являющихся продуктами неполного сгорания горючих компонентов отходов (оксиды углерода, серы и азота, полициклические углеводороды, включая бензапирен, хлорфторуглеводороды, включая диоксины и фураны)[7].

В России ежегодно образуется более 40 миллионов тонн твердых коммунальных отходов[8]. Около 95–96% размещается на полигонах твердых бытовых отходов и только 4–5 % вовлекаются в переработку[8]. На сегодняшний день такой способ обращения с отходами является наименее затратным, но и наиболее опасным для окружающей среды. В теле полигона протекают физические, химические и биохимические процессы, в результате которых образуется метан. Миграция метана из свалочного тела в окружающую среду представляет серьезную экологическую проблему в виде парникового эффекта

В местах сбора и хранения ТКО, где находится свыше 80 % общего объема отходов, естественным образом создаются анаэробные условия, в которых происходит биологическая конверсия органики при участии метанобразующего консорциума микроорганизмов, который представляет собой некую трофическую цепочку. В процессе жизнедеятельности бактерий в анаэробных условиях образуется свалочный биогаз, который представляет собой газовую смесь метана, углекислого газа и некоторых других газов.

Упрощенное стехиометрическое уравнение реакции процесса анаэробного разложения органики выглядит следующим образом[4]:



Интенсивность процесса и удельный объем газовой выделений зависят от условий среды, возраста полигона и фракционного состава отходов. Основными факторами, влияющими на интенсивность биологической конверсии, являются температура, влажность, величина водородного показателя, содержание органики.

Значительная часть фракционных компонентов ТКО представлена большим разнообразием органических и синтетических материалов. Пищевые отходы, бумага и текстиль рассматриваются как основные фракционные группы. Их соотношение зависит от ряда факторов, к которым относятся прежде всего уровень экономического развития государства, его географическое положение и сложившийся менталитет. Так, например, доля органических компонентов ТКО составляет около 56% в развитых странах и около 62% – в развивающихся. Для древесных отходов распределение доли в общем объеме ТКО в развитых и развивающихся странах составляет соответственно 61% и 69%. [6]

Основным инструментом исследований остается использование современного математического аппарата и математического моделирования процессов метаногенеза. Моделирование можно рассматривать в качестве приблизительного индикатора ожидаемых тенденций образования биогаза.

Методика расчета базируется на модели процесса анаэробной деструкции целлюлозосодержащих отходов. Процесс разложения отходов подчиняется кинетическому уравнению первого порядка по формуле 2 [1]:

$$\frac{dC}{dt} = Kc \quad (2)$$

где C - концентрация реагирующего вещества; t - момент времени; $\frac{dC}{dt}$ - скорость реакции; k - коэффициент пропорциональности.

Решение дифференциального уравнения (2) имеет вид экспоненты, т.е. концентрация исходного вещества со временем изменяется по экспоненциальному закону формула (3):

$$C = C_0 e^{-kt} \quad (3)$$

Экспоненциальная математическая модель образования СГ, основанная на реакции разложения первого порядка, имеет вид (4)

$$G_t = G_0 (1 - e^{-kt}) \quad (4)$$

где G_t - количество образующегося газа по годам, м³/т отходов; G_0 - общее количество образующегося газа (потенциал газообразования), м³/т отходов; k - константа скорости разложения, равная натуральному логарифму периода полураспада отходов ($k = \ln t_{1/2}$); t - возраст отходов, лет.

Исходными данными для модели являются морфологический состав биоразлагаемой части ТКО; зольность отходов, A ; начальная влажность ТКО.

Метановый потенциал L_{oi} (нм³/т сухих отходов) для каждой фракции отходов рассчитывается на основе морфологического состава ТКО с учетом коэффициента биоразложения V_f и зольности A , по формуле (5) [2-3]:

$$L_{oi} = 11088 \frac{n_c}{\mu_i} (1 - A) B_f \quad (5)$$

где n_c - число киломолей углерода, содержащееся в 1 тонне фракции, μ_i - молярная масса фракции; A - зольность фракции, кг/кмоль, B_f - коэффициент биоразложения.

Полный потенциал генерации метана L_0 (нм³/т сухих отходов) учитывает только органически разлагаемые фракции определяется по формуле (6):

$$L_0 = \sum(L_{oi} \cdot x_i) \quad (6)$$

где x_i - доли биоразлагаемых фракций

Для полигонов на стадии рекультивации и пострекультивации общее количество метана, нм³, определяется по формуле (7):

$$Q = (1 - w)L_0 \cdot M_{dk}(1 - e^{-k_2\tau}) \quad (7)$$

Скорость образования метана в нм³/год определяется по формуле (8):

$$V_{CH_4} = (1 - w)L_0 \cdot M_{dk} \cdot k_2 \cdot e^{-k_2\tau} \quad (8)$$

где τ - время разложения ТКО, w - влажность отходов, поступающих на полигон, доли ед.; M_{dk} - масса захороненных отходов. Константа разложения k_2 принимается по табл. 1[5].

Таблица 1

Значение констант разложения k_1 и k_2 [5]

Тип отходов	Константа разложения k_1 , если условия			Константа разложения k_2 , если условия		
	влажные	средние	сухие	влажные	средние	сухие
Быстро разлагаемые	0,4	0,25	0,05	-	-	-
Средне разлагаемые	0,1	0,05	-	0,098	0,046	0,0276
Медленно разлагаемые	-	-	-	0,046	0,0276	0,00138

Масса захороненных отходов принимается с учетом массы отходов, сгоревших в результате пожаров в процессе эксплуатации полигона. Масса сгоревших отходов определяется в соответствии с временными рекомендациями по расчету выбросов вредных веществ в атмосферу в результате сгорания на полигонах твердых бытовых отходов.

Для действующего полигона скорость образования метана (нм³/год) определяется по формуле (9)[2]:

$$V_{CH_4} = (1 - w)L_0 \cdot M_{dk} \cdot \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot \tau}{k_2 - k_1} \cdot (e^{-k_1\tau} - e^{-k_2\tau}) \quad (9)$$

Объем образующегося метана по формуле (10):

$$Q = (1 - w)L_0 \cdot M_{dk} \left(1 + \frac{k_1}{k_2 - k_1} e^{-k_2\tau} - \frac{k_2}{k_2 - k_1} e^{-k_1\tau} \right) \quad (10)$$

где τ -время разложения ТКО, w - влажность отходов, поступающих на полигон, доли ед.; M_{dk} -масса захороненных отходов на текущий год эксплуатации. Константа скорости реакции в фазе ацетогенеза k_1 и константа разложения в фазе метакогенеза k_2 определяются по табл.1.

Объем образования биогаза принимается в два раза выше скорости образования метана

Заключение: рассматривается процесс анаэробного разложения органики в местах сбора и хранения твердых коммунальных отходов, где создаются анаэробные условия. В результате биологической конверсии органики при участии микроорганизмов образуется свалочный биогаз, который состоит в основном из метана и углекислого газа. Для этого процесса приведено упрощенное стехиометрическое уравнение реакции. Ознакомление с этим процессом может быть полезно для понимания проблемы утилизации ТКО и использования биогаза как источника возобновляемой энергии.

Так же рассматриваются основные фракционные группы ТКО, их распределение в развитых и развивающихся странах, а также влияние на образование биогаза

Основной метод исследований - математическое моделирование процессов метаногенеза, рассматриваемое как индикатор ожидаемых тенденций образования биогаза. Решение дифференциального уравнения первого порядка дает экспоненциальную зависимость изменения концентрации вещества с течением времени, что используется в модели образования биогаза

Список литературы

[1]. Волынкина Е.П., Домнин К.И. Математическая модель для прогнозных расчетов образования и извлечения свалочного газа на закрытых свалках ТКО // Сибирский государственный индустриальный университет, М.: 2014 – 12 с.

[2]. Государственный комитет российской федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу ФГУП федеральный центр Благоустройства и обращения с отходами / Рекомендации по расчету образования биогаза и выбору систем дегазации на полигонах захоронения твердых бытовых отходов. М.: 2003 – 27 с.

[3]. Кожухарь, В. Я. Эмиссия свалочного газа из полигона твердых бытовых отходов Дальницкие карьеры / В. Я. Кожухарь, Д. В. Миронов, Е. А. Стратулат // Труды Одесского политехнического университета – 2007. – № 2. – С. 227-231 [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16383112>

[4]. Садчиков АВ. Дегазация полигонов твердых коммунальных отходов // СФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» - Оренбург: 2017. – С. 82-86.

[5]. Смирнов С. Г. Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых коммунальных и промышленных отходов : методические указания / С. Г. Смирнов, Н. Н. Бушуев. – Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – ISBN 978-5-7038-4551-6. – Текст : электронный // Лань : электронно-

библиотечная система – URL: <https://e.lanbook.com/book/103298> (дата обращения: 1.04.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – С. 40.

[6]. Соколов В.Ю., Наумов С.А., Стародубцев Н.А. Методы утилизации твердых бытовых отходов / Труды VII Всероссийской научно-технической конференции «Энергетика: состояние, проблемы, перспективы». – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2014. – С. 70–73.

[7]. Тонкова, К. В. Экологическое обоснование использования свалочного газа в качестве альтернативного источника энергии / К. В. Тонкова, А В. Забелина // Альманах научных работ молодых учёных Университета ИТМО : Пятидесятая научная и учебно-методическая конференция Университета ИТМО, Санкт-Петербург, 01–04 февраля 2021 года Том 1 Часть 2. – Санкт-Петербург: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет ИТМО", 2021. – С. 171-175 [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47225583>

[8]. Федеральный закон от 29.12.2022 № 458-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления», отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных законодательных актов (положений законодательных актов) Российской Федерации». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172948/

[9]. Шкаровский А Л. Газоснабжение. Использование газового топлива : учебное пособие / А Л. Шкаровский, Г. П. Комина – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – ISBN 978-5-8114-4055-9. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система – URL: <https://e.lanbook.com/book/130164> (дата обращения: 17.03.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – С. 140.

Емельянова Яна Геннадьевна – студентка КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: emelianova_yana00@mail.ru

Морозенко М.И.

Д.С. Мазин, Н.М. Пятов, Е.А., Заверткин
Д.Ю. Зубарев, В.С. Шувалов, М.А. Кондрашов

РАССМОТРЕНИЕ НАИБОЛЕЕ ПОПУЛЯРНЫХ СПОСОБОВ ИЗУЧЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ С ПОМОЩЬЮ БИОИНДИКАЦИИ

Аналитическое сравнение по возможности применения биологических объектов в качестве индикаторного материала

Биоиндикация – это биологическая дисциплина, направленная на изучение окружающей среды на основе полученных сведений, характеризующих общее состояние находящихся в ней организмов, их численность и состав биоты.

Биоиндикаторы – это живые организмы или их сообщества, наличие, численность, особенности строения и характер жизнедеятельности которых служат показателями состояния объектов биоиндикации. Данные объекты представляют собой конкретные условия среды обитания биоиндикаторов, процессы ее естественных изменений, а также изменений, вызванных антропогенным воздействием, [2]

Наиболее чувствительными биоиндикаторами могут служить стенобионтные организмы, способные обитать в условиях узкого диапазона изменчивости одного из факторов среды или группы взаимодействующих факторов (температуры, химического состава почвы, влажности и т. д.). Эврибионтные организмы, приспособленные к существованию в сильно изменяющихся условиях среды, могут быть источником информации о длительных изменениях факторов среды в качестве аккумулятивных индикаторов [1].

Изменения факторов внешней среды могут обратимо трансформировать морфофизиологические признаки организма (фенотипа), что обусловлено модификационной ненаследственной изменчивостью. Она представляет собой норму реакции организма на действие стрессора. Высокие уровни действия стрессоров окружающей среды могут приводить к возникновению различных типов мутаций организмов, связанных с изменением их генетического аппарата [3].

В настоящее время можно считать, что основным индикатором устойчивого развития в конечном итоге является качество среды обитания. Рассмотрим наиболее широко изученные возможности применения биологических объектов, в качестве инструментов оценки состояния окружающей среды [4].

Сосна в качестве тест-объекта в радио- и общеэкологических исследованиях

Факт исключительно высокой радиочувствительности хвойных древесных пород был отмечен во многих исследованиях зарубежных и российских ученых. Сосна по радиочувствительности близка к человеку ($LD_{50} = 20$ Гр), поэтому она является одним из основных природных тест-систем в радио- и общеэкологических исследованиях.

Радиационные эффекты оцениваются по следующим критериям: гибель и восстановление деревьев, сроки восстановления, морфологические изменения хвои и побегов, количественные характеристики (радиальный и

вертикальный прирост, масса и размер хвои и побегов). Репродуктивная способность оценивается по изменчивости семян.

Флуктуирующая асимметрия древесных и травянистых форм растений как тест-система оценки качества среды [2].

Принцип исследования основан на нарушении симметрии листовой пластины у древесных форм растений под воздействием антропогенных факторов. Исходя из этого, была проведена интегральная экспресс-оценка качества среды обитания живых организмов по флуктуирующей асимметрии листовой пластины.

Использование флуктуирующей асимметрии животных для оценки качества среды

Экологический стресс влияет на устойчивость онтогенеза и зачастую приводит к фенотипическим изменениям особей в популяциях животных [5]. Неспособность особи нормально развиваться в условиях стресса часто проявляется в повышенной асимметрии билатеральных структур. Флуктуирующая асимметрия является одним из видов данной асимметрии [6]. Сущность метода оценки флуктуирующей асимметрии заключается в сравнении стабильности развития особей загрязненных районов с известной заданной нормой отклонений, глоточных зубов; число чешуй в боковой линии морфогенетическим показателям [7,8,9].

Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха с помощью лишайников. Отличительной особенностью лишайников является их очень высокая чувствительность к состоянию атмосферного воздуха. Его загрязнение ведет к снижению проективного покрытия эпифитных лишайников и сокращению участия напочвенных (эпигейных) видов в составе мохово-лишайникового яруса. На первых этапах воздействия наблюдается увеличение концентрации поллютантов в талломах. В дальнейшем при нарастании интенсивности техногенной нагрузки лишайники полностью исчезают, и образуется «лишайниковая пустыня». Исходя из этого, важным показателем техногенного воздействия на ПТК является изменение химического состава лишайников [10].

Накопление тяжелых металлов (ТМ) и серы, степень повреждения слоевищ эпифитных лишайников позволяют определять влияние эмиссий на ранней стадии деградации, когда изменение на уровне фитоценоза в целом еще не регистрируется. Особое значение в этом отношении имеют напочвенные лишайники. Они не имеют организованной корневой и сосудистой систем, легко поглощают химические вещества не только из подстилающего субстрата, но и из воздуха и атмосферных осадков. Содержание химических элементов зависит от вида лишайника, возраста таллома, от состава почвообразующих пород, положения ПТК в элементарном геохимическом ландшафте, влажности и других внутренних и внешних факторов [11].

Основываясь на различных способностях биоиндикаторов улавливать различные загрязнения из атмосферного воздуха и показывать качественную реакцию на эти загрязнители, можно сделать вывод о том, что биоиндикация загрязнений атмосферного воздуха с помощью лишайников является одной, из

наиболее актуальных, так как требует к себе наименьшее количество затрат времени, для сбора проб и проведения анализов.

Список литературы

[1]. Алексеев, А. С. Мониторинг лесных экосистем: учеб. пособие / А. С. Алексеев. СПб.: СПОГЛТА, 2003.

[2]. Алексеев, А. С. Радиальный прирост деревьев и древостоев при атмосферном загрязнении / А. С. Алексеев // Лесоведение. 1993. № 4.

[3]. Ваганов, Е. А. Анализ роста дерева по структуре годичных колец / Е. А. Ваганов, И. А. Терсков. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1977.

[4]. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Э. Вайнерт [и др.]; под ред. Р. Шуберта М., 1988.

[5]. Shulz R., Liess R. Chronic effects of low insecticide concentrations on freshwater caddisfly larvae // Hydrobiologia. – 1997. – No2. – P. 103-113.

[6]. Филенко О.Ф. Механизм реагирования водных организмов на воздействие токсичных веществ // Антропогенные влияния на водные экосистемы. – М: Изд-во МГУ, 2005. – С.70-93.

[7]. Захаров В.М. Асимметрия морфологических структур животных, как показатель незначительных изменений состояния среды // Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. – 1981. – С.115-123.

[8]. Мелехова О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. – М., 1997. – С.13.

[9]. Шуйский В.Ф. Биоиндикация качества водной среды, состояния пресноводных экосистем и их антропогенных изменений // Сб. науч.

[10]. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / под. ред. Р. Шуберта М.: Мир, 1988. 350.

[11]. Онекунова М.Г. Диагностика техногенной трансформации ландшафтов на основе биоиндикации: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. СПб., 2013. 36 с.

Мазин Дмитрий Сергеевич – студент кафедры «Экология и промышленная безопасность», КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана e-mail: mazin03092001@yandex.ru

Пятов Никита Михайлович – студент кафедры «Экология и промышленная безопасность», КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана e-mail: b.sometimes1337@gmail.com

Зубарев Дании Юрьевич – студент кафедры «Экология и промышленная безопасность», КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана e-mail: zubarev.daniil.2001@gmail.com

Шувалов Владислав Сергеевич – студент кафедры «Экология и промышленная безопасность», КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: f0cuZ@mail.ru

Заверткин Евгений Александрович – студент кафедры «Экология и промышленная безопасность», КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана e-mail: zavertkin8910@gmail.com

Кондрашов Максим Александрович – студент кафедры "Защита информации", КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: maksimkonrasov5338@gmail.com

Научный руководитель: Анфилов Константин Львович – зав. кафедрой ИУК7 "Экология и промышленная безопасность", КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана e-mail: anfilov@bmstu.ru

Е.А. Заверткин, Д.Ю. Зубарев, Д.С. Мазин,
Н.М. Пятов, В.С. Шувалов

ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ УРОВНЯ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЗОЛОШЛАКО-ВЫХ ОТХОДОВ УГЛЕЙ ТЕПЛОПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ЧЕРЕПЕТСКОЙ ГРЭС ИМЕНИ Д.Г. ЖИМЕРИНА

На данный момент применение высокоуглеродистого топлива в качестве одного из ведущих типов сырья создаёт ряд экологических проблем, в связи с широким разнообразием состава сжигаемого продукта. Помимо загрязнения воздуха различными оксидами и диоксидами, существует не менее актуальная проблема радиационного загрязнения. Воздействие такого рода обусловлено наличием характерных для этого элементов в изначальной породе, добываемой на карьерах. Дальнейшая термическая деформация, негативно сказывается на данной проблеме, так как при сжигании угля радиоактивные составляющие начинают активно концентрироваться и тем самым вызывают повышение радиоактивности. Образующиеся в результате технологических процессов станции золошлаковые отходы транспортируют в места длительного хранения. [1]

В рамках настоящего исследования была проведена научно-исследовательская работа, заключающаяся в оценке возможности снижения показателей радиационного излучения золоотвалов по отношению к окружающей среде, путём изменения рН изучаемого объекта [2]

В качестве опытного образца используется ЗШО, каменного угля марки Д. Шубаркольского месторождения. Порода данного месторождения относится к каменным углям марки Д (длиннопламенный), содержание золы очень низкое. В самом распространённом его варианте процентное содержание золы в нём варьируется от 5 до 12%, а зольность отдельных сборок угольного пласта не превышает 3-6%. [5] Для этих углей характерна низкая массовая доля серы до 0,5% и высокая теплотворная способность (от 5200 до 5700 ккал/кг). При термическом воздействии выделяют большое количество тепловой энергии, что является одним из определяющих критериев при выборе его марки для применения в работе на ТЭС. [3]

В актуальном исследовании были отобраны три образца золы одинаковой массы, и добавлены в растворы одного объёма. В качестве реагентов для обработки золы были использованы следующие растворы с различными рН: H_2SO_4 , $NaHCO_3$, H_2O . После внесения ЗШО в жидкую фазу и перемешивания полученных растворов, средообразующие реагенты были удалены с помощью насоса под давлением. Финальным этапом перед снятием замеров бета-излучения стало высушивание получившегося остатка при температуре 400 °С.

В процессе выполнения эксперимента были проведены замеры показателя плотности потока бета-частиц, используя дозиметр ДБГ-07Б "Эксперт". В соответствии с требованиями, относительно эксплуатации прибора, проведены де-

сять замеров рассматриваемого показателя и вычислено среднее арифметическое значение.[4] Результаты определения плотности потока бета-излучения от золы, с закрытой крышкой прибора, после обработки кислотными, щелочными, основными в зависимости от характера среды, представлены в таблице 1.

Показатели измерения потока бета-частиц - N_0 [част/(с·см²)]

Таблица 1

Кислотная	Щелочная	Нейтральная
0,31	0,38	0,35
0,36	0,42	0,29
0,27	0,38	0,27
0,33	0,29	0,49
0,35	0,32	0,37
0,21	0,44	0,37
0,32	0,46	0,41
0,38	0,34	0,37
0,35	0,40	0,52
0,37	0,36	0,44
Ср.знч. = 0,325	Ср.знч. = 0,421	Ср.знч. = 0,361

Результаты определения плотности потока бета-излучения от золы, с открытой крышкой прибора, после обработки кислотными, щелочными, основными в зависимости от характера среды, представлены в таблице 2.

Показатели измерения потока бета-частиц - N_Φ [част/(с·см²)]

Таблица 2

Кислотная	Щелочная	Нейтральная
31	37	31
31	40	35
25	38	30
30	35	35
32	38	39
19	44	31
32	46	32
38	32	33
32	34	31
35	36	35
Ср.знч. = 30,5	Ср.знч. = 38	Ср.знч. = 33,2

Уровень загрязнения определяется по формуле:

$$N_0 - N_\Phi$$

Уровень загрязнения в кислотной среде:

$$32,5 - 30,5 = 2 \text{ част}/(\text{с} \cdot \text{см}^2)$$

Уровень загрязнения в щелочной среде:

$$42,1 - 38 = 4,1 \text{ част}/(\text{с} \cdot \text{см}^2)$$

Уровень загрязнения в нейтральной среде:

$$36,1 - 33,2 = 2,9 \text{ част}/(\text{с} \cdot \text{см}^2)$$

Результаты расчёта уровня загрязнения приведены в таблице 3, [част/(с · см²)].

Результаты расчёта уровня загрязнения, [част/(с · см²)]

Таблица 3

Кислотная	Щелочная	Нейтральная
2	4,1	2,9

Результаты замеров на мощность эквивалентной дозы представлены в таблице 4.

Мощность эквивалентной дозы, [мкЗв/ч]

Таблица 4

Кислотная	Щелочная	Нейтральная
0,15	0,13	0,17
0,23	0,2	0,24
0,18	0,17	0,19
Ср.знч. = 0,186	Ср.знч. = 0,16	Ср.знч. = 0,20

Исходя из полученных в ходе исследования данных, можно сделать вывод, что воздействие растворами различных рН влияет на уровень радиоактивного загрязнения изучаемого отхода, полученного вследствие работы ТЭС. Опираясь на арифметические расчёты, видно, что ЗШО кислотного образца проявляет наименьшую радиоактивную активность по сравнению с другими образцами.

Опираясь на выше изложенные данные, можно утверждать, что обработка золоотвалов кислотными растворами, позволит снизить негативное воздействие актуального для данной работы, вида загрязнения по отношению к окружающей среде.

Список литературы

[1]. Воздействие ТЭС на окружающую среду / В.В. Ядутов, Т.И. Петров, Ю.Н. Зацаринная // Поколение будущего – взгляд молодых учёных: сборник научных статей 3-й Международной молодежной научной конференции: в 2-х томах. том 2 (г. Курск, 2014 г.) (дата обращения 15.03.2023).

[2]. Рационализация природопользования в стратегии развития промышленных предприятий / Голик В. И., Комащенко В. И., Леонов И. В., Леонов С. В. // Издательство «Академический Проект» (г. М., 2020 г.) (дата обращения 15.03.2023).

[3]. Комплексное использование золошлаковых отходов / Афанасьева Ольга Валерьевна, Мингалеева Гузель Рашидовна, Добронравов Александр Дмитриевич, Шамсутдинов Эмиль Васильевич // Известия высших учебных заведе-

ний. Проблемы энергетики, №7-8 (г. Казань, 2015 г.) (дата обращения 08.03.2023).

[4].[Электронный ресурс] <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-pochv-tsentralnogo-chernozemya-i-osnovnye-napravleniya-povysheniya-ih-plodorodiya/viewer> (дата обращения 09.03.2023).

[5].[Электронный ресурс] <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-ekologii-zagryaznenie-pochvy?ysclid=la9w5d0kn9912398172> (дата обращения 09.03.2023)

Заверткин Евгений Александрович – студент кафедры «Экология и промышленная безопасность», КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана e-mail: zavertkin8910@gmail.com

Зубарев Дании Юрьевич – студент кафедры «Экология и промышленная безопасность», КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана e-mail: zubarev.daniil.2001@gmail.com

Мазин Дмитрий Сергеевич – студент кафедры «Экология и промышленная безопасность», КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана e-mail: mazin03092001@yandex.ru

Пятов Никита Михайлович – студент кафедры «Экология и промышленная безопасность», КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана e-mail: b.sometimes1337@gmail.com

Шувалов Владислав Сергеевич – студент кафедры «Экология и промышленная безопасность», КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: f0cuZ@mail.ru

Научный руководитель: Анфилов Константин Львович – зав. кафедрой ИУК7 "Экология и промышленная безопасность", КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана e-mail: anfilov@bmstu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ МЕТОДОВ И СХЕМ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ХЛЕБОКОМБИНАТОВ

Для удаления загрязнений из сточных вод, сбрасываемых хлебопекарными фабриками, на разных этапах производства используют в настоящее время механическую, физико-химическую биологическую очистку, очистку методом электрофлотокоагуляции.

Целью данной работы являлось проведение анализа применяемых технологий очистки сточных вод хлебокомбинатов.

Несмотря на большое разнообразие методов, универсальной схемы для очистки сточных вод хлебокомбинатов нет, поэтому исследование в этой области является актуальным. Для предприятий, наряду с привязкой традиционных схем очистки, разрабатываются индивидуальные схемы очистных сооружений.

Проведенное исследование показало, что одним из эффективнейших методов очистки сточных вод хлебокомбинатов является физико-химическая очистка. На рис. 1 приведена схема технологического процесса очистки сточных вод хлебокомбинатов с использованием физико-химического метода очистки [2].

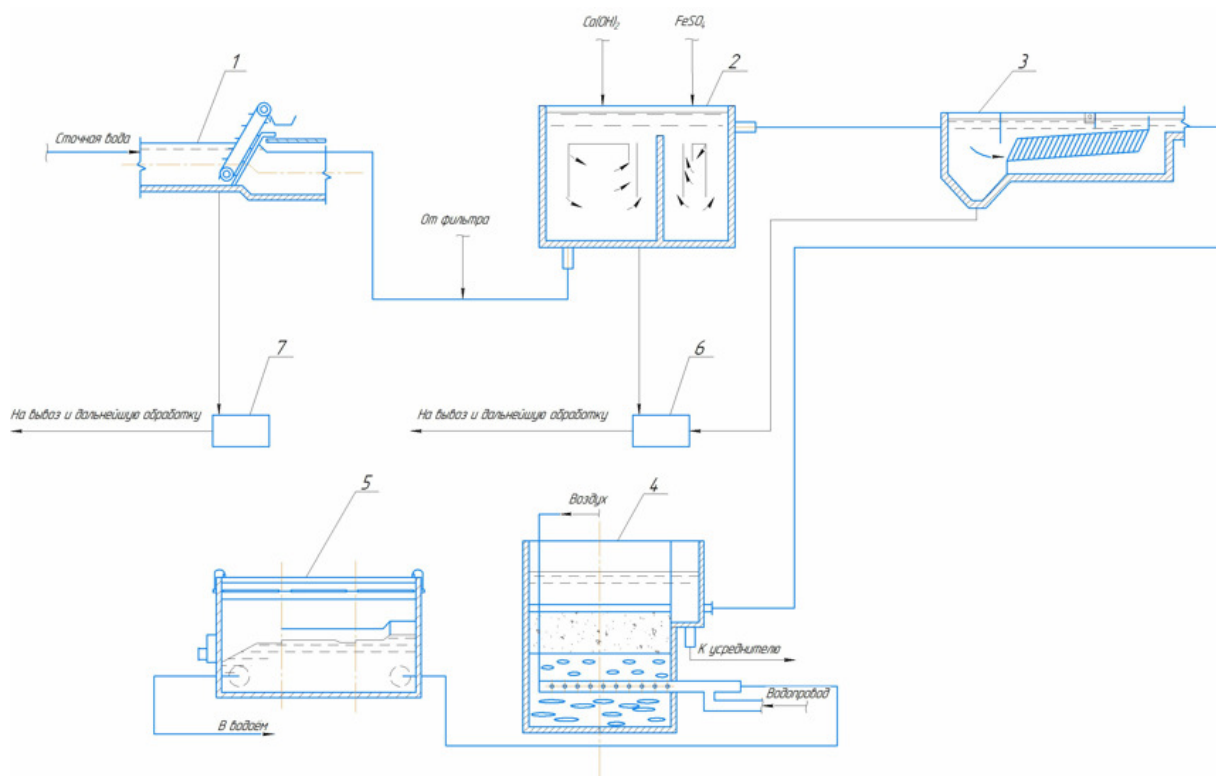


Рис.1. Схема очистки сточных вод хлебокомбинатов физико-химическим методом: 1 – механическая решетка; 2 – усреднитель-смеситель; 3 – отстойник; 4 – фильтр с двуслойной загрузкой; 5 – установка УФ- обеззараживания; 6 – сборник осадка; 7- сборник осадка после механической решетки

Схема очистных сооружений на рис. 2 включает электрофлотокоагуляторы. Очистные сооружения представлены аэрируемой жироловушкой, электрофлотокоагулятором I ступени, электрофлотокоагулятором II ступени, емкостью для сбора осадка и пенного продукта [1].

Сточные воды подаются в зону первичного отстоя установки, где осаждаются взвешенные частицы крупностью около 0,15 мм. Затем сточные воды снизу вверх проходят электродную камеру, в которой установлены блоки электрических пластин, подключенных по монополярной схеме к выпрямительному аппарату.

Прошедшие электродную камеру воды поступают в зону отстоя, в которой с помощью скребка с поверхности собирается пенный продукт. Здесь же выпадают в осадок скоагулированные жировые частицы.

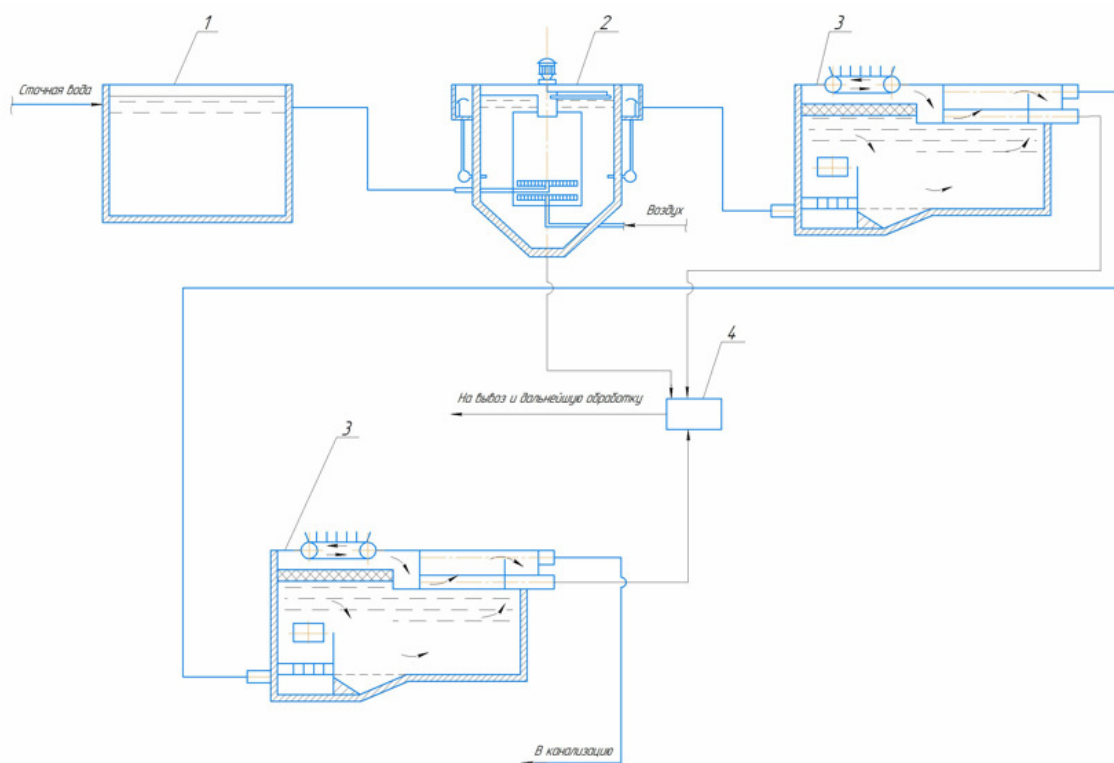


Рис.2. Принципиальная схема очистки сточных вод хлебокомбинатов с использованием электрофлотокоагулятора:

- 1 – приемная камера;
- 2 – аэрируемая жироловушка;
- 3 – электрофлотокоагулятор I ступени;
- 4 – электрофлотокоагулятор II ступени;
- 5 – сборник осадка

Схема, представленная на рис. 3, рассматривается как традиционная схема удаления биогенов. [3].

Перед отстаиванием к иловой смеси добавляют алюминат натрия для удаления фосфора. В схеме перед аэротенком установлен аноксидный реактор с рециркуляцией иловой смеси для частичной денитрификации.

Схема обеспечивает удаление азота и фосфора, что является преимуществом по отношению к традиционным схемам, где, в основном, практикуется удаление либо азота, либо фосфора

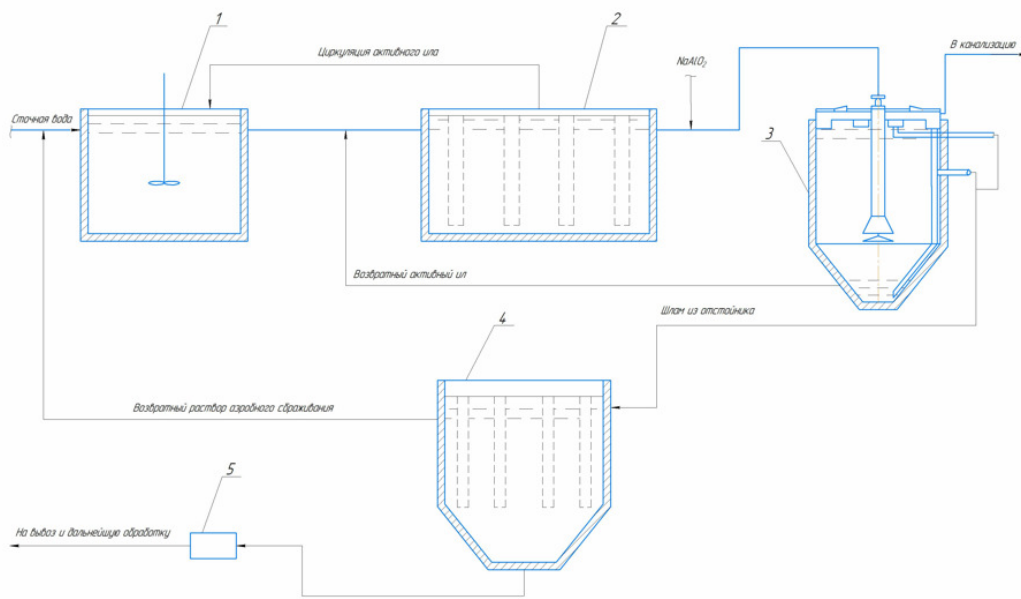


Рис.3. Схема биологической очистки сточных вод хлебокомбинатов:
 1 – аноксидный реактор; 2 – аэротенк; 3 – вторичный отстойник; 4 – аэробное сбраживание; 5 – сборник осадка после аэробного сбраживания

На рис. 4 в процесс очистки сточных вод интегрирована культивация микроводорослей, к которой относится альгакультура в качестве обработки для удаления биогенов перед процессом с активным илом [3].

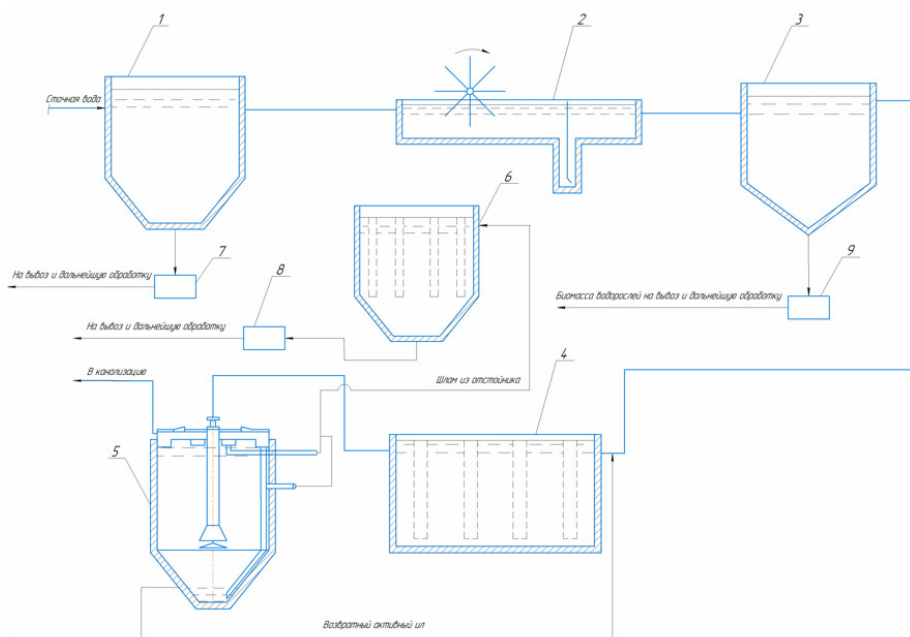


Рис.4. Схема очистки сточных вод хлебокомбинатов с использованием альгакультуры:
 1 – первичный отстойник; 2 – реактор с альгакультурой; 3 – отстойник водорослей; 4 – аэротенк; 5 – вторичный отстойник; 6 – аэробное сбраживание; 7 – сборник первичного осадка; 8 – сборник осадка после аэробного сбраживания; 9 – сборник осадка биомассы водорослей

Альгакультура – единственная отрасль аквакультуры, занимающаяся выращиванием растений, т.е. получением первичной продукции. Эта продукция образуется в виде фитомассы водорослей.

Наряду с потенциальными преимуществами в настоящее время существует ряд препятствий для практической реализации данной схемы. Одним из основных является потребность в значительных земельных площадях. Поскольку для развития микроводорослей требуется солнечный свет, реакторы для фототрофного процесса должны иметь высоту не более 1 м (в сравнении с 4 м для биореактора).

Проведенное исследование применяемых методов очистки сточных вод хлебокомбинатов и традиционных технологических схем показало, что наряду с использованием биологического метода и использования различных процессов его интенсификации, в частности использования альгокультуры, наблюдается тенденция использования физико-химических методов очистки, которые являются более перспективными.

Список литературы

[1]. Общая информация о системах водоотведения [Электронный ресурс]. URL: <http://www.clickpilot.ru/canaliz.php?wr=284>.

[2]. Разработка схемы физико-химической очистки сточных вод хлебозавода №9 г. Ижевска [Электронный ресурс]. URL: https://studbooks.net/847863/ekologiya/razrabotka_shemy_fizikohimicheskoy_ochistki_stochnyh_vod_hlebozavoda__9_g_izhevskaya.

[3]. Общая информация о системах водоотведения [Электронный ресурс]. URL: <http://www.clickpilot.ru/canaliz.php?wr=284>.

Зинченко Людмила Владимировна – студентка КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: mila.zinchenko.01@mail.ru

Яковлева О.В.

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОЗИИ, ХАРАКТЕРИСТИКА ИНГИБИТОРОВ

Коррозия металла приводит ежегодно к миллиардным убыткам. Под коррозией подразумевают самопроизвольный процесс, взаимодействия металла со средой. В результате изменяются и ухудшаются характеристики металла

Металлы необходимо защищать от агрессивной окружающей среды. Исследование процессов коррозии и разработка методов защиты металлов относится к актуальным научно-техническим задачам.

Хорошую защиту предоставляют покрытия, которые сплошные, с хорошим сцеплением с металлом, герметичны, износостойки, жаростойки. Защитные покрытия подразделяют на металлические и неметаллические [1].

Металлические покрытия защищают поверхностно. Металлические покрытия электропроводность, жесткость и делают их более износостойкими. По способу защиты покрытия можно разделить на катодные и анодные.

Лишь анодные покрытия используют в электрохимической защите.

Анодное покрытие защищает от коррозии даже при наличии незначительных повреждений на металлическом изделии [2].

Катодное покрытие защищает металл от коррозии только механически. Такое покрытие имеет наиболее положительный электродный потенциал. А основной металл является анодом. Следовательно, при наличии влаги будет происходить разрушение защитного покрытия. Для катодного покрытия недопустимо наличие даже самых маленьких повреждений.

Для изоляции металлических изделий от взаимодействия с внешней средой используют неметаллические защитные покрытия. Неметаллические покрытия подразделяются на органические и неорганические.

Защитную пленку на поверхности металла, для его защиты от коррозии образуют химические покрытия [3].

К химическому методу:

1) оксидирование - образование устойчивых активных пленок на металлические и металлическое изделие так же улучшают

2) азотирование – поверхность металла и его сплавы насыщают азотом

3) фосфатирование - образование защитной пленки фосфатов

4) воронение стали – на поверхности металла происходит взаимодействие с органическими веществами

5) цементация–на поверхности металла происходит образование его соединения с углеродом/

Также для повышения стойкости металла к коррозии используют метод изменения состава Для этого вводят в металл соединения, которые увеличивают коррозионную стойкость.

Изменение состава коррозионной среды является сейчас одним из лучших методов защиты. Он заключается в удалении примесей или добавлении ингибиторов в агрессивную коррозионную среду [4].

Ингибиторы – это химические соединения или соединения на их основе, которые вводят в небольших количествах (до 1%) в коррозионную среду, при этом сильно снижается скорость коррозии либо совсем приостанавливает ее. Ингибиторы представлены на рис.1.



Рис.1. Классификация ингибитора

Эффективность действия ингибиторов сильно зависит от pH среды, поэтому их делят на кислотные, щелочные и нейтральные. Эффективность их действия зависит в основном от условий среды.

Практическое использование ингибиторов определяется эффективностью, токсичностью и ущербом, который наносится окружающей среде промышленными сбросами, которые содержат ингибиторы [5].

При воздействии ингибиторов на поверхность металла она изменяет свое состояние в результате адсорбции (анодная защита), при этом уменьшается площадь активной поверхности, либо с катионами металла образует труднорастворимые соединения (катодная защита), при этом активность коррозионного процесса уменьшается. А при смешанном ингибиторы коррозии изменяют скорость обеих реакций.

Неорганические ингибиторы коррозии для Fe, Cu, Al, стали, латуни в промышленных водных системах как правило применяют хроматы и бихроматы натрия и калия. А также широкое распространение в промышленности получил гексаметафосфат натрия. Фосфаты и полифосфаты применяют для замедления коррозии металла в воде и холодильных рассолах.

В состав органических ингибиторов коррозии входят органические соединения, которые замедляют коррозию металла. Они воздействуют на скорость катодной и анодной реакции, именно поэтому их считают ингибиторами смешанного действия. Главное отличие органических от неорганических ингибиторов в способности адсорбироваться только на поверхности металла. Такая особенность используется при кислотном травлении металлов при очистке изделий от ржавчины, окалина и накипи. К органическим ингибиторам коррозии

относятся ароматические и алифатические соединения, имеющие в своем составе атомы азота, серы и кислорода

Современное средство защиты от коррозии- это летучие ингибиторы. Их используют для защиты металлических изделий от атмосферной коррозии на время их хранения и транспортировки. Принцип действия таких ингибиторов коррозии основан на образовании паров, которые оседают на поверхности металла, который образует защитный нано слой.

Помимо этого для снижения скорости коррозии можно использовать натуральные продукты, растения и их экстракты, отходы химических производств. Это направление исследований называют «зеленой химией», а вещества, соответственно «зелеными ингибиторами». Также для улучшения коррозионной защиты в состав ингибиторов можно вводить наночастицы металлов и их оксидов.

Заключение

Рассмотрены методы защиты металлов от коррозии: защитные покрытия, химические методы и метод изменения состава. Также приведена характеристика ингибиторов. Применение ингибиторов является сейчас одним из лучших методов защиты. Ингибиторы применяются там, где коррозионная среда практически не подвержена обновлениям (цистерны, химические аппараты).

Список литературы

[1]. *Дизенко Е.И., Новоселов В.Ф., Тугунов П.И., Юфин В.А* Противокоррозионная защита трубопроводов и резервуаров. - М.: Недра, 1978. - 199 с.

[2]. *Антропова Л.И.* Ингибиторы коррозии металлов.– Л.: Химия, 1968. – 264 с.

[3]. *Коррозия.* Справочник. / Под ред. Л.Л. Шраера, перевод В.С. Синявского – М.: Металлургия, 1981. – 632 с.

[4]. *Семенова, И.В.* Коррозия и защита от коррозии 2010: Учебное пособие / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, АВ. Хорошилов. - М.: Физматлит, 2010. - 416 с

[5]. *Левина Л.М.* Противокоррозионная защита металлических конструкций. –М.: Машиностроение, 1984, 136 с

Иванова Марина Евгеньевна – студент ИУК7-21М Студент КФ МГТУ им. Баумана Кафедра: КФ МГТУ им. Н. Э. Баумана Кафедра: ИУ7-КФ. E-mail: marinaivanova485.ivanova@yandex.ru

Леонтьева Анна Сергеевна – студент ИУК7-21М КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: leontevann@yandex.ru

Гузеева Виктория Александровна – студент ИУК7-21М КФ МГТУ им. Баумана Кафедра: ИУ7-КФ "Экология и промышленная безопасность". E-mail: victoriaguzeeva@yandex.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ

Отходы животноводства являются опасными для окружающей среды. Во время дождей и весеннего паводка они смываются в водоемы, создавая напряженную санитарно-гигиеническую обстановку. Загрязнение окружающей среды животноводческими предприятиями чаще всего происходит из-за несовершенства применяемых технологий и технических средств, несоблюдения установленных экологических требований. Снижения негативного воздействия на природу возможно путём внедрения малоотходных и безотходных технологий, основанных на включении в хозяйственный оборот всех сырьевых ресурсов, которые постоянно образуются и накапливаются в хозяйствах.

Ключевые слова: отходы, утилизация, биоэнергетические установки

Животноводство является наиболее отходной отраслью сельского хозяйства. К отходам относятся, отходы образовавшиеся в результате жизнедеятельности сельскохозяйственных животных.

Большинство отходов животноводства перед использованием или утилизацией хранят в кучах, в накопительных емкостях или ямах. В течение хранения образуются продукты анаэробного разложения: аммиак, сульфиды, амины, метан, меркаптаны, органические кислоты и др., которые могут загрязнять воздух веществами, вредно воздействующими на здоровье человека, растений и животных.

Основными источниками загрязнения окружающей среды являются воздушные выбросы и жидкие стоки. Воздушные выбросы животноводческих ферм оказывают существенное влияние не только на атмосферу, но и на поверхностные воды. На животноводческих комплексах, особенно свиноводческих, основным источником загрязнения окружающей атмосферы являются помещения для содержания животных. Запах от животных действует на людей раздражающе, хотя считается безвредным. Неприятные запахи распространяются в радиусе 5-17 км. Как правило, экологический мониторинг состояния атмосферного воздуха в зонах влияния животноводческих объектов не проводится, тем не менее, влияние на окружающую природную среду токсических газов можно оценить при помощи биологических объектов в частности растений, произрастающих вблизи них [1].

В районе размещения сильно загрязняется патогенными микроорганизмами и гельминтами почва сельскохозяйственных полей, орошаемая сточными водами. В сточных водах животноводческих хозяйств, обнаруживаются различные патогенные и условнопатогенные микроорганизмы, а именно: энтерококки, стафилококки, псевдомонады, гемофильные палочки. При попадании сточных вод в водоемы возбудители инфекций могут переноситься с потоком речной воды на расстояние до 200 км, потребление воды из таких водоемов вызывает у людей и животных кишечно-желудочные и другие заболевания.

Для переработки отходов животноводства и получения полезной энергии применяют биоэнергетический метод утилизации. Данная технология существенно отличается от иных как по рабочим параметрам, так и по экологической безопасности. Такой метод решает сразу несколько задач: сбора и переработки отходов животноводства с улавливанием и нейтрализацией вредоносных биогазов, получение экологически чистых удобрений, а также метана для мини-ТЭЦ.

Биоэнергетические установки работают на базе процесса метанового сбраживания (см. рис. 1). В последнее время используются новые методы работы с этим процессом, обусловленные появлением современных технических разработок. К ним относятся усовершенствованная конструкция биореактора и устройство устойчивого давления газа без газгольдера. Также используется модифицированная закваска, произведённая за счёт работы культур метановых бактерий. Также, стали появляться особые катализаторы процесса - это позволило существенно ускорить процесс и повысить эффективность технологии преобразования органических продуктов производства и жизнедеятельности. Именно большая степень преобразования органического вещества в этих продуктах даёт в итоге высокую отдачу биогаза [3].

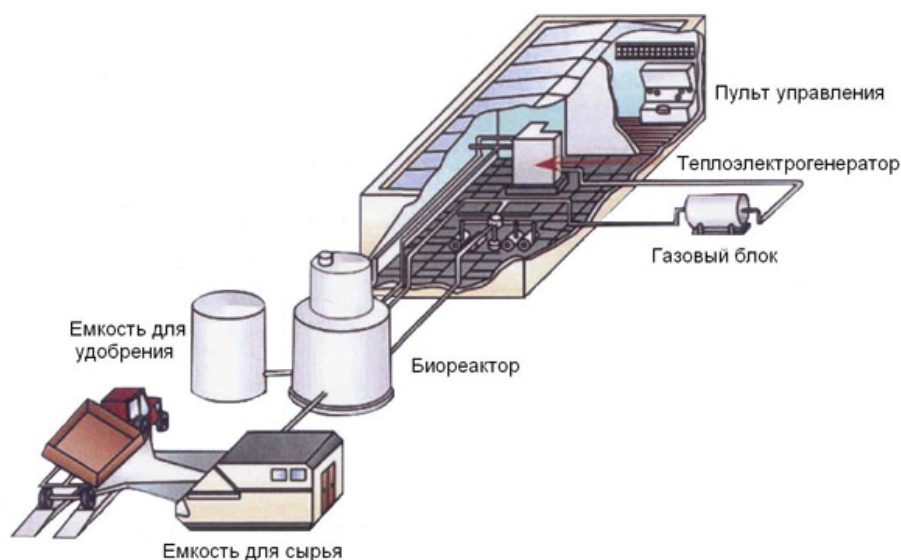


Рис. 1. Схема биоэнергетической установки

Заключение

Получение биогаза экономически оправдано и является предпочтительным при переработке постоянного потока отходов. Получение биогаза, возможное в установках самых разных масштабов, особенно эффективно на агропромышленных комплексах, где существует возможность полного экологического цикла. Биогаз используют для освещения, отопления, для приведения в действие механизмов, транспорта, электрогенераторов. Остаток, образующийся в процессе получения биогаза, содержит значительное количество питательных веществ и может быть использован в качестве удобрения [2].

Список литературы

[1]. *Друзьянова В.П.* Энергосберегающая технология переработки навоза крупного рогатого скота: диссертация доктора технических наук: 05.20.01 / Друзьянова Варвара Петровна; Вост.-Сиб. гос. ун-т технологий и упр. - Улан-Удэ, 2015. - 277 с.

[2]. *Ресурсосберегающая* технология производства экологически чистых органических удобрений / Друзьянова В. П., Петрова С. А, Охлопкова М. К., Сергеев Ю.О. - Дуна, 2018 г. - Т. 93. - No 4. - С. 398-403.

[3]. *Ковалев АА* Повышение энергетической эффективности биогазовых установок: автореферат дис. кандидата технических наук : 05.20.01 / Ковалев Андрей Александрович; Всерос. науч.-исслед. ин-т электрификации сельс. хоз-ва – М.: – 2014. - 22 с.

Шарков Иван Павлович – студент кафедры ИУ7-КФ "Экология и промышленная безопасность" КФ МГТУ им. Баумана E-mail: wotwot739@gmail.com

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА НА САМОЛЕТЕ

В статье рассматривается система кондиционирования воздуха на самолете. Осуществляется анализ кондиционирования воздуха на самолете и системы рециркуляции. В настоящее время наличие нормального микроклимата в самолете волнует всех пассажиров и членов экипажа, поэтому эта тема достаточно актуальна сейчас.

Ключевые слова: *рециркуляция воздуха, кондиционирование воздуха, качество и чистота воздуха на борту самолета*

Разработанное оснащение поставляет воздух внутрь самолета, приводит его температуру и давление к заданным параметрам. Все эти функции помогают обеспечить нормальные условия пребывания людей на борту. Если на нем не было бы системы кондиционирования воздуха, то пассажиры вместе с экипажем использовали бы весь воздух за полчаса

Воздух, который исходит от двигателей самолета во время их работы, отбирается от компрессорных установок. Он достигает температуры 500 градусов и давления 1,6 Мпа. Дальше этот воздушный поток идет по двум трубопроводам. Один из них проходит через турбохолодильник, второй – сразу попадает в смеситель. Там потоки соединяются и попадают в гермокабину. Еще, горячим воздухом делают обдув обшивки самолета – это препятствует его обледенению.

Кроме поступления заборного воздуха, в авиалайнерах действует система рециркуляции. [2] Это создает экономию ресурсов, так как забор воздуха извне и его обработка, «удовольствие» не дешевое. При частичной рециркуляции происходит фильтрация уже использованных потоков, смешивание их с заборным воздухом и повторная подача в салон самолета. Этот процесс не сказывается на качестве, потому что применяются высокоэффективные фильтрующие материалы. [3]

Рассмотрим системы кондиционирования воздуха на самолете. [1] Система относится к авиационной технике, а именно к средствам обработки воздуха, подаваемого в пассажирские отсеки летательного аппарата

Данная система кондиционирования воздуха на самолете улучшает эксплуатационные характеристики системы путем повышения ее экономичности при снижении веса и шума

Это достигается тем, что известная система кондиционирования воздуха на самолете снабжена промежуточным коллектором, который включен в магистраль рециркуляции воздуха за вентилятором, сообщен со штуцерами индивидуальной вентиляции и выполнен с несколькими параллельно соединенными выходными каналами по числу штуцеров индивидуальной вентиляции, причем каждый из выходных каналов промежуточного коллектора на входном конце выполнен в виде седла, расположенного напротив исполнительного органа регулирующего клапана каждого из штуцеров индивидуальной вентиляции со

стороны, противоположной седлу этого клапана, с образованием рециркуляционного воздухораспределителя.

В такой системе один электровентилятор работает снизу на несколько штуцеров индивидуального обдува и используется в течение всего полетного времени, за счет возможности переключения регулирующими клапанами воздуха, идущего от вентилятора либо на рециркуляцию, либо для индивидуального обдува пассажиров.

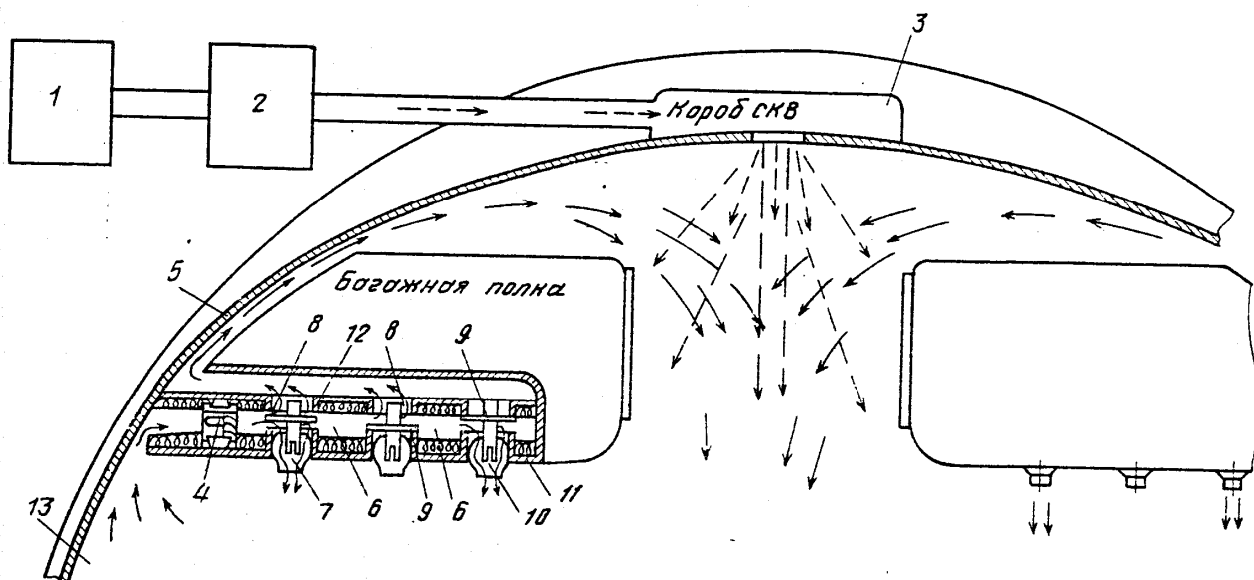


Рис. 1. Система кондиционирования воздуха на самолете

На рис. 1 изображена монтажно-функциональная схема системы. Система кондиционирования воздуха на самолете содержит подсистему отбора воздуха 1, подсистему охлаждения воздуха 2, короб системы кондиционирования воздуха 3, электровентилятор 4, установленный в магистрали рециркуляции воздуха 5, промежуточный коллектор 6, который сообщен со штуцерами индивидуальной вентиляции 7 и выполнен с несколькими параллельно соединенными выходными каналами 8. Каждый штуцер 7 снабжен регулирующим клапаном 9, имеющим исполнительный орган 10 и седло 11, а каждый выходной канал 8 промежуточного коллектора 6 выполнен в виде седла 12. Система работает следующим образом. От подсистемы отбора воздуха 1 воздух поступает в подсистему охлаждения воздуха 2 и затем в короб СКВ 3. Воздух из короба 3 подается через выходную решетку в салон 13. Одновременно включается электровентилятор 4 и воздух из промежуточного коллектора 6 распределяется либо в штуцер индивидуального обдува 7 либо через выходные каналы 8 он попадает в магистраль рециркуляции 5 и затем в верхнюю часть пассажирского салона 13 и далее вместе с воздухом системы общей вентиляции подается на пассажиров.

Заключение

Технология кондиционирования воздуха в современных самолетах все совершенствуется – заметен постоянный прогресс. Принимаются новые стандарты качества, ниже которых параметры воздушных масс опускаться не должны.

Поэтому условия в самолетах для пассажиров и экипажа становятся более комфортными и безопасными.

Список литературы

[1] Патент № 2089791 С1 Российская Федерация, МПК F24F 3/00, B64D 13/08, F24F 11/00. Вентиляционная система салона для кондиционирования воздуха в отсеках фюзеляжа пассажирского самолета : № 94037590/06 : заявл. 14.10.1994 : опубл. 10.09.1997 / Д. Мартин, Ш. Томас ; заявитель Дойче Эйрспейс Эйрбус ГмбХ

[2] https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3074

[3] <https://ventilation-conditioning.ru/primenenie/ventilyacionnaya-sistema-v-samolete.html>

Гончарь Любовь Романовна – студент ИУК7-21М КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана ИУК7-21М. E-mail: gon4ar_lubasha@mail.ru

КУЛЬТУРА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Обеспечение высокого уровня культуры производственной безопасности – это достижение состояния, при котором возможность причинения ущерба людям, имуществу, окружающей среде минимизирована до допустимого уровня и сохраняется на этом уровне посредством постоянного процесса выявления и управления факторами риска производственной деятельности.

Ключевые слова: культура безопасности, охрана труда, производственная безопасность, травматизм, безопасность, риск

В последнее время на крупных предприятиях большое внимание уделяется культуре безопасности. Сама концепция «культуры безопасности» получила широкое распространение в мире и приобрела множество значений, с ней ассоциируются различные мероприятия и подходы к ее развитию.

Существуют более 50 определений культуры производственной безопасности, от того, как каждая компания определяет этот термин, зависят ее подходы к управлению безопасностью в целом.

Под культурой безопасности понимается квалификационная и психологическая подготовленность всех лиц, при которой обеспечение производственной безопасности, составляющими которой являются охрана труда, промышленная, пожарная, экологическая и электробезопасность.

Цель развития культуры безопасности – формирование среды ответственного отношения компании и всех работников к обществу, людям и трудовым обязанностям.

Культура безопасности предназначена для формирования безопасной социотехнической системы на основе соблюдения совокупности норм, правил и действий работников.

Задачи культуры безопасности включают в себя следующие составные части:

- формирование позитивного уровня культуры безопасности;
- развитие мотивации к совершенствованию своей деятельности, умений, навыков и способов самоподготовки;
- соблюдение баланса требований и ответственности персонала при выполнении должностных обязанностей.

Культура безопасности должна быть встроена в деятельность всех подразделений задействованных в обеспечении той или иной безопасности, независимо от вида деятельности. Большое значение здесь приобретает необходимое внимание вопросам безопасности со стороны высшего руководства. Именно оно создает атмосферу открытости, обеспечивающую свободную передачу информации, относящейся к безопасности. [1]

Формирование культуры безопасности означает воспитание у каждого человека такого состояния в процессе выполнения служебных обязанностей, при

котором он окажется неспособным сделать какое-либо действие в ущерб безопасности. [2]

Общие требования к культуре безопасности:

- Культура безопасности базируется на ценностях, публично продекларированных руководителями компании и разделяемых работниками;

- В подразделении должен проводиться мониторинг и анализ уровня зрелости культуры безопасности. Анализ уровня зрелости культуры безопасности должен определять планирование и определение первоочередных мер по улучшению и (или) разработку инициатив, необходимых для перевода отдельных элементов культуры безопасности на более высокий уровень зрелости;

- Культура безопасности должна проявляться в бизнес-процессах по всем уровням управления в соответствии с фактически осуществляемой деятельностью.

- Руководство подразделений должно обеспечивать определение и доведение до сведения персонала ответственности и полномочий в области формирования культуры безопасности;

- Культура безопасности относится как к организации в целом, так и к отдельным людям, и зависит от организационной структуры и отношения людей. Сущность культуры безопасности состоит в том, чтобы самое пристальное внимание уделялось безопасности и организациями, и отдельными лицами. Соответственно она предполагает требование подходить к вопросам безопасности в адекватным пониманием и действиями;

- Для всех видов деятельности, для организаций и отдельных лиц на всех уровнях внимание к безопасности состоит из ряда общих и обязательных элементов, таких как:

- 1) Личное осознание важности безопасности;

- 2) Знания и компетентность, обеспечиваемые через подготовку и инструкции для персонала, а также его самоподготовку;

- 3) Приверженность, требующая демонстрации высокого приоритета безопасности на уровне руководителей и признания общих целей безопасности отдельными лицами;

- 4) Мотивация посредством методов руководства, постановки целей и соответствующим использованием системы поощрений и наказаний и посредством формирования внутренней позиции отдельных лиц;

- 5) Ответственность через формальное определение и описание должностных обязанностей и понимание их каждым работником.

Заключение

Не существует правильных или неправильных моделей, но только модели зрелости культуры позволяют проводить оценку и дальнейшую разработку мероприятий по развитию культуры. Они гибкие и могут быть спроектированы, чтобы соответствовать специфическим требованиям и целям организации и ее работников.

Однако, «высокая» культура безопасности не является абсолютной гарантией отсутствия происшествий, она определяет как организация «работает» с ними.

Список литературы

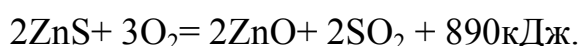
[1]. *Попов, А А* Производственная безопасность : учебное пособие / А А Попов. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 432 с.

[2]. *Широков, Ю. А* Управление промышленной безопасностью : учебное пособие для вузов / Ю. А Широков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 360 с.

Трунов Сергей Андреевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail:
E-mail: trunov-014@list.ru

УСОВЕРШЕСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЕЛЬЦЕВАНИЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ЦИНКОВЫХ КЕКОВ В ВЕЛЬЦ-ПЕЧАХ

Цинк содержится в концентрате преимущественно в виде сульфида. Можно восстановить цинк из его сульфида каким-либо восстановителем, но реакции восстановления начинаются при температурах выше 1200°C, когда значительная часть сульфидного концентрата расплавится. Цинк значительно лучше восстанавливается из его оксида, поэтому сульфид цинка предварительно переводят в оксид, т.е. сначала концентрат обжигают, при этом протекает реакция:



Место вельцевания в схеме подобной переработки представлено на рис. 1.

[4]

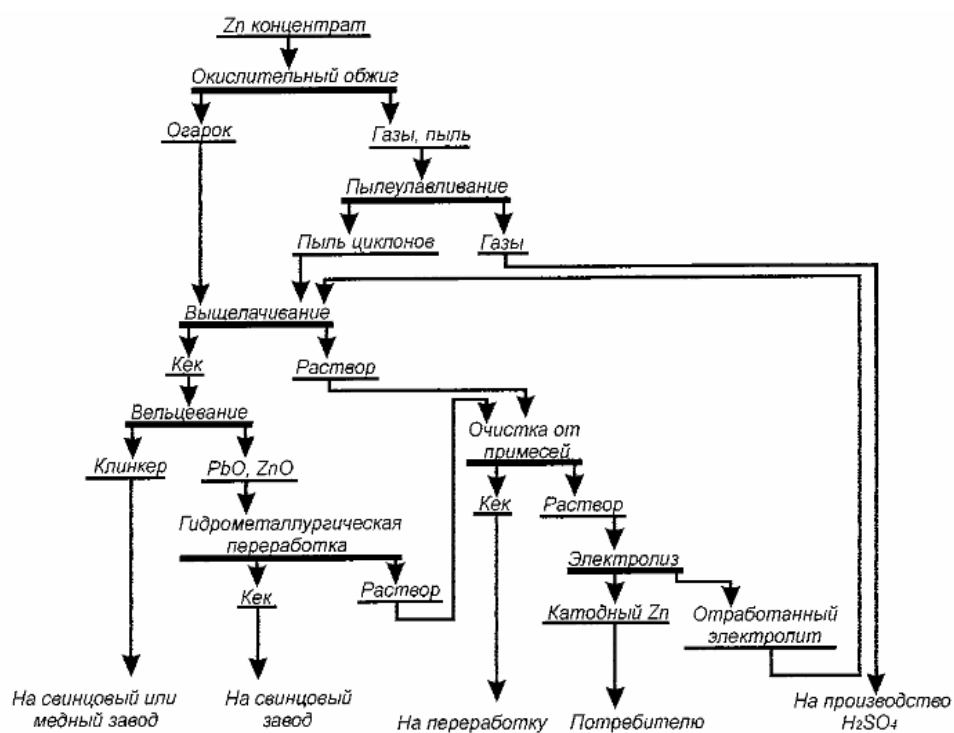


Рис. 1. Место вельцевания в схеме переработки сульфидного цинкового концентрата

Для осуществления процесса вельцевания кеки измельчают до крупности 0,3–0,5 мм и смешивают с коксом. Кек подают в трубчатую вращающуюся печь, где при температуре 1100–1200°C оксиды цинка, кадмия и других металлов восстанавливаются печными газами и сразу же испаряются. Восстановленные металлы в потоке печных газов снова окисляются и улавливаются в системе пылеочистки газов, в виде возгонов (вельц-оксидов).

Процесс вельцевания производят в непрерывном потоке. В барабане печи шихта перекачивается по его внутренней поверхности и нагревается за счет го-

рения кокса и тепла экзотермических реакций. Схема вельц-печи представлена на рисунке 2. [1,3]

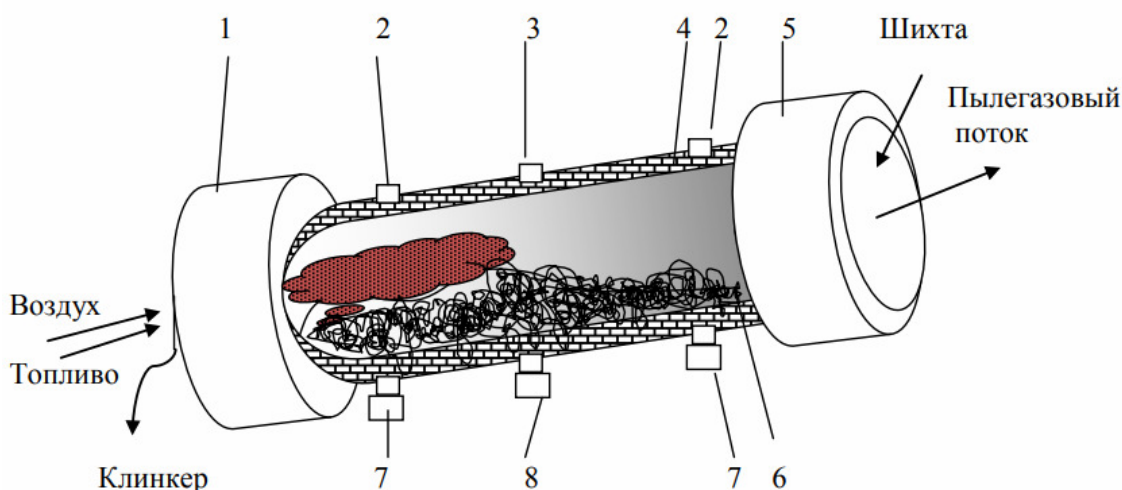
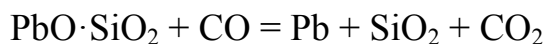
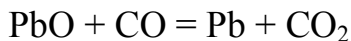
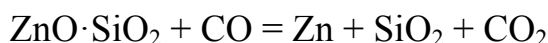
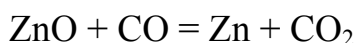
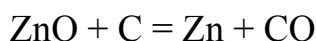
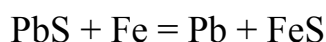
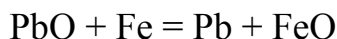
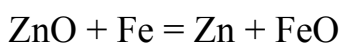
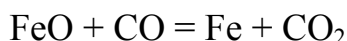


Рис. 2. Схема трубчатой вельц-печи: 1 – нижняя головка печи; 2 – опорные бандажи; 3 – венечная шестерня на привод; 4 – корпус печи; 5 – верхняя головка печи; 6 – слой шихты; 7 – опорные ролики; 8 – привод

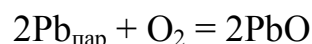
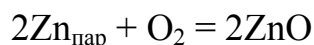
Химизм процесса вельцевания кеков:



Восстановление оксида железа способствует полноте отгонки цинка и свинца:



Затем в газоходе пары металлов вновь окисляются кислородом воздуха:



Образовавшиеся оксиды в виде пыли уносятся газами из печи. [2]

Недостатки известного способа заключается в низкой степени использования вельц-печей и в высоком расходе топлива, с отходящими газами, большой расход мазута на сушку цинкового кека [5]

Проанализировав работы [5,6], можно сделать вывод, что добавка смеси кальций- и магнийсодержащих материалов к цинковому кеку состава позволяет максимально снизить образование жидких фаз в гранулах, увеличить скорость возгонки цинка

Подача тугоплавкого кальций-магнийсодержащего материала совместно с твердым углеродистым восстановителем фракция более 2 мм на стадию смешения вельцуемого материала позволяет уменьшить образование шлакштейновых расплавов за счет более высокого сродства к сере кальция и магния, чем железа и меди, входящих в состав кеков, увеличить срок службы огнеупоров.

Наиболее удачным является содержание оксида магния в смеси 35% в количестве, обеспечивающем соотношение $(CaO+MgO)/SiO_2$ равное 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 и 5.0.

Влияние добавки смеси кальций- и магнийсодержащих материалов к цинковому кеку представлено в таблице 1. [6]

Таблица 1

Добавка смеси кальций- и магнийсодержащих материалов до соотношения $(CaO+MgO)/SiO_2$	Производительность печи, т/м ³ ·сут	Состав клинкера, %		Состояние материала в печи
		цинк	углерод	
1	0,44	3,1	5,4	Частичное расплавление
2	0,89	0,8	3,9	Сыпучий
3	0,96	0,6	3,5	Сыпучий
4	0,96	0,4	3,1	Сыпучий
5	0,92	1,3	2,9	Сыпучий
0	0,21	5,2	6,7	Расплавляется

При добавке к цинковому кеку смеси кальций- и магнийсодержащих материалов производительность печи увеличивается с 0,21 т/м³ ·сут до 0,96 т/м³ ·сут. Содержание цинка в клинкере снижается до 0.4%, материал в печи не расплавляется, становится сыпучим, вельцуется.

Влияние на вельцевание добавки - углеродсодержащего материала крупностью более 2 мм показано в таблице 2. [6]

Таблица 2

Крупность подаваемого в печь углеродсодержащего материала, мм	Расход твердого углеродсодержащего материала (к весу кека, %)	Образование на стенках печи настывей
2 мм	25	Не образуется
3 мм	40	Образуется настывль толщиной 100 мм
4 мм	40	Образуется настывль толщиной 170 мм

Увеличение крупности подаваемого на вельцевание твердого углеродсодержащего материала с 2 мм до 3-4 мм снижает степень поглощения указанным материалом жидких фаз и, при этом, образуется в печи настывль. Для поглощения жидких фаз необходимо увеличить расход твердого углеродсодержащего материала с 25% до 40% к весу кека

Таким образом, добавка кальций и магнийсодержащего материала к цинковому кеку должна обеспечивать соотношение $(CaO+MgO)/SiO_2=2\div 4$. Подаваемый в печь углеродосодержащий материал в качестве добавки к полученным гранулам при вельцевании использовать крупность более 2 мм

Данная технология успешно внедрена на ПАО «Челябинский цинковый завод», который является крупнейшим заводом цинка в России и продолжает внедряться на других заводах России и стран СНГ. [7,8]

Список литературы

[1]. Зайцев В. Я. Металлургия свинца и цинка: [Учеб. пособие для вузов по спец. "Металлургия цв. металлов"] / В. Я. Зайцев, Е. В. Маргулис. - Москва: Metallurgy, 1985. - 262 с.

[2]. Комлев Г.А, Гареев В.Н. Химизм вельцевания цинковых кеков. // Цветные металлы. 1964. - № 3. - С. 22-29.

[3]. Марченко Н. В. Металлургия тяжелых цветных металлов [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / Н. В. Марченко, Е. П. Вершинина, Э. М. Гильдебрандт. – Электрон. дан. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. –394 с. ISBN 978-5-7638-1776-8 (дата обращения: 17.03.2023)

[4]. Романтеев Ю. П. Металлургия цинка и кадмия: учебное пособие / Ю. П. Романтеев, А. Н. Федоров, С. В. Быстров; под редакцией В. П. Быстров. – Москва: Издательский Дом МИСиС, 2006. – 193 с. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/56087.html> (дата обращения: 14.03.2023)

[5]. АС. 876761 СССР, Кл. С 22 В 19/38. Способ пирометаллургической переработки цинковых кеков/ Колесников АВ., Сычев А П., Ушаков Н.Н., Кулепанов АС., Сапрыгин А Ф., Козлов М.И., Ватюков М.И., Зинде Ю.Н.; заявитель Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский горно-металлургический институт цветных металлов и Усть-Каменогорский свинцово-цинковый комбинат им. В.И. Ленина – № 2882344/22-02; заявл. 15.02.80; опубл. 30.10.81 Бюл. № 40 – 6 с. (дата обращения: 20.03.2023)

[6]. Пат. RU2496895C1 Российская Федерация, МПК С22В 19/00, С22В 1/02. Способ вельцевания цинковых кеков/ Козлов П. А, Паньшин А М., Затонский А В., Решетников Ю. В., Дегтярев А М., Ивакин Д. А; заявитель и патентообладатель Открытое Акционерное Общество "Челябинский цинковый завод" – № 2012111021/02; заявл. 22.03.12; опубл. 27.10.13 Бюл. № 30 – 8 с. (дата обращения: 25.03.2023)

[7]. [Электронный ресурс] Предприятия УГМК - <https://www.ugmk.com/about/us/> (дата обращения: 28.03.2023)

[8]. [Электронный ресурс] ПАО «Челябинский цинковый завод» - <https://www.zinc.ru/about/o-nas/> (дата обращения: 28.03.2023)

Шувалов Владислав Сергеевич – студент кафедры «Экология и промышленная безопасность», КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: f0cuz@mail.ru

Заверткин Евгений Александрович – студент кафедры «Экология и промышленная безопасность», КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: zavertkin8910@gmail.com

Зубарев Даниил Юрьевич – студент кафедры «Экология и промышленная безопасность», КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: zubarev.daniil.2001@gmail.com

Мазин Дмитрий Сергеевич – студент кафедры «Экология и промышленная безопасность», КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: mazin03092001@yandex.ru

Пятов Никита Михайлович – студент кафедры «Экология и промышленная безопасность», КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: b.sometimes1337@gmail.com

Научный руководитель: Анфилов Константин Львович – зав. кафедрой ИУК7 "Экология и промышленная безопасность", КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: anfilov@bmstu.ru

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ РАСТВОРОВ С РАЗЛИЧНЫМИ pH, ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫМИ ОТХОДАМИ УГОЛЬНЫХ ТЕПЛОЭЛЕКТРО-СТАНЦИЙ.

В настоящее время около 18% от всех теплоэлектростанций в России работает на угольном топливе. Результатом их деятельности становится образование золошлаковых отходов, которые помимо загрязнения атмосферы, как мелкодисперсная частица, в составе которой содержатся соединения тяжёлых металлов, способны стать в качестве источника радиационного заражения в местах золоотвалов. В работе был применён метод, растворов с различными pH. Актуальное исследование демонстрирует способность кислотных растворов лучше остальных образцов снижать радиоактивность отходов высокоуглеродистого сырья прошедшего термическую обработку в результате работы тепловых процессов, на производстве энергетического комплекса. Показано, что обработка золошлаков кислотными реагентами позволит снизить излучение бета-частиц в месте их скопления. Заражённые стоки, подвергаются вторичной обработке, для выделения полезных материалов.

Ключевые слова: теплоэлектростанция, золошлаковые отходы, радиоактивное загрязнение, pH, уголь.

На данный момент применение высокоуглеродистого топлива в качестве одного из ведущих типов сырья создаёт ряд экологических проблем, в связи с широким разнообразием состава сжигаемого продукта. Помимо загрязнения воздуха различными оксидами и диоксидами, существует не менее актуальная проблема радиационного загрязнения. Воздействие такого рода обусловлено наличием характерных для этого элементов в изначальной породе, добываемой на карьерах. Дальнейшая термическая деформация, негативно сказывается на данной проблеме, так как при сжигании угля радиоактивные составляющие начинают активно концентрироваться и тем самым вызывают повышение радиоактивности. Образующиеся в результате технологических процессов станции золошлаковые отходы транспортируют в места длительного хранения. [1]

В рамках настоящего исследования была проведена работа, заключающаяся в оценке возможности снижения показателей радиационного излучения золоотвалов по отношению к окружающей среде, путём вымывания радиоактивных компонентов растворами различной кислотности pH. [2]

В качестве опытного образца используется ЗШО, каменного угля марки Д.Шубаркольского месторождения. Порода данного месторождения относится к каменным углям марки Д (длиннопламенный), содержание золы очень низкое. В самом распространённом его варианте процентное содержание золы в нём варьируется от 5 до 12%, а зольность отдельных сборов угольного пласта не превышает 3-6%. [5] Для этих углей характерна низкая массовая доля серы до 0,5% и высокая теплотворная способность (от 5200 до 5700 ккал/кг). При

термическом воздействии выделяют большое количество тепловой энергии, что является одним из определяющих критериев при выборе его марки для применения в работе на ТЭС.[3]

В исследовании были отобраны три образца золы одинаковой массы, и добавлены в растворы одного объёма В качестве реагентов для обработки золы были использованы следующие растворы с различными рН: H_2SO_4 , $NaHCO_3$, H_2O . После внесения ЗШО в жидкую фазу и перемешивания полученных растворов в течение часа, средообразующие реагенты были удалены фильтрованием при пониженном давлении. Финальным этапом перед снятием замеров бета-излучения стало высушивание получившегося остатка при температуре $400^\circ C$.

В процессе выполнения эксперимента были проведены замеры показателя плотности потока бета-частиц дозиметром ДБГ-07Б "Эксперт". В соответствии с требованиями, относительно эксплуатации прибора, проведены десять замеров рассматриваемого показателя и вычислено среднее арифметическое значение.[4]

Снятие замеров производилось с трёх образцов золы, прошедших обработку в каждом типе растворов.

В жидкой фазе растворов, после удаления золошлаков, было проведено измерение показателей радиоактивности.

Определение значений для каждого образца проводилось на достаточном удалении от других опытных установок, чтобы исключить влияние радиационного излучения на полученные данные других образцов.

Результаты определения плотности потока бета-излучения, золы с закрытой крышкой прибора, в зависимости от характера среды, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели измерения потока бета-частиц золы - N_0 [част/(с·см²)]

Кислотная	Щелочная	Нейтральная
31	38	35
36	42	29
27	38	27
33	29	49
35	32	37
21	44	37
32	46	41
38	34	37
35	40	52
37	36	44
Ср.знч. = 32,5	Ср.знч. = 42,1	Ср.знч. = 36,1

Результаты определения плотности потока бета-излучения, с открытой крышкой прибора, в зависимости от характера среды, представлены в табл. 2.

Показатели измерения потока бета-частиц золы - N_{β} [част/(с·см²)]

Кислотная	Щелочная	Нейтральная
31	37	31
31	40	35
25	38	30
30	35	35
32	38	39
19	44	31
32	46	32
38	32	33
32	34	31
35	36	35
Ср.знч. = 30,5	Ср.знч. = 38	Ср.знч. = 33,2

Уровень загрязнения определяется по формуле:

$$N_{\alpha} - N_{\beta}$$

Уровень загрязнения в кислотной среде:

$$32,5 - 30,5 = 2 \frac{\text{част}}{\text{с} \cdot \text{см}^2}$$

Уровень загрязнения в щелочной среде:

$$42,1 - 38 = 4,1 \frac{\text{част}}{\text{с} \cdot \text{см}^2}$$

Уровень загрязнения в нейтральной среде:

$$36,1 - 33,2 = 2,9 \frac{\text{част}}{\text{с} \cdot \text{см}^2}$$

Результаты расчёта уровня загрязнения приведены в табл. 3, [част/(с·см²)]

Таблица 3

Результаты расчёта уровня загрязнения золы, [част/(с·см²)]

Кислотная	Щелочная	Нейтральная
2	4,1	2,9

Определение значений для каждого образца проводилось на достаточном удалении от других опытных установок, чтобы исключить влияние радиационного излучения на полученные данные других образцов.

Результаты определения плотности потока бета-излучения, жидкой фазы с закрытой крышкой прибора, в зависимости от характера среды, представлены в табл. 4.

Таблица 4

Показатели измерения потока бета-частиц водного раствора - N_0
[част/(с·см²)]

Кислотная	Щелочная	Нейтральная
40	49	35
43	33	38
34	38	42
37	38	37
39	34	35
39	37	36
41	46	39
42	38	37
39	39	38
43	37	41
Ср.знч. = 39,7	Ср.знч. = 38,9	Ср.знч. = 37,8

Результаты определения плотности потока бета-излучения, с открытой крышкой прибора, в зависимости от характера среды жидкой фазы, представлены в табл. 5.

Таблица 5

Показатели измерения потока бета-частиц водного раствора - $N_{об}$
[част/(с·см²)]

Кислотная	Щелочная	Нейтральная
46	28	29
41	35	33
37	38	33
34	33	45
35	40	37
34	37	38
36	36	34
37	32	38
36	34	32
35	38	30
Ср.знч. = 37,1	Ср.знч. = 35,1	Ср.знч. = 34,9

Уровень загрязнения определяется по формуле:

$$N_0 - N_{об}$$

Уровень загрязнения в кислотной среде:

$$39,7 - 37,1 = 2,6 \frac{\text{част}}{\text{с} \cdot \text{см}^2}$$

Уровень загрязнения в щелочной среде:

$$38,9 - 35,1 = 3,8 \frac{\text{част}}{\text{с} \cdot \text{см}^2}$$

Уровень загрязнения в нейтральной среде:

$$37,8 - 34,9 = 2,9 \frac{\text{част}}{\text{с} \cdot \text{см}^2}$$

Результаты расчёта уровня загрязнения приведены в табл. 6, $\frac{\text{част}}{\text{с} \cdot \text{см}^2}$].

Таблица 6

Результаты расчёта уровня загрязнения растворов, [част/(с·см²)]

Кислотная	Щелочная	Нейтральная
2,6	4,1	2,9

Заключение

Исходя из полученных в ходе исследования данных, можно сделать вывод, что обработка растворами различной кислотности влияет на уровень радиоактивного загрязнения изучаемого отхода, полученного вследствие работы ТЭС. Опираясь на арифметические расчёты, видно, что ЗШО кислотного образца проявляет наименьшую радиоактивную активность по сравнению с другими образцами. Раствор кислоты в свою очередь по сравнению с образцами других средообразующих реагентов проявляет наибольшую дезактивирующую способность. Это может свидетельствовать о том, что часть бета-частиц перешла в раствор H₂SO₄ в большем количестве относительно других образцов.

Помимо этого, растворы щёлочи и дистиллированной воды не показали подобной количественной реакции, сохранив результаты замеров практически идентичные показателям золы, что говорит о слабой способности перехода радионуклидов из одной фазы в другую.

Заражённые стоки, подвергаются вторичной обработке, для выделения полезных материалов.

Опираясь на выше изложенные данные, можно утверждать, что обработка золоотвалов кислотными растворами, позволит существенно снизить негативное воздействие актуального для данной работы, вида загрязнения по отношению к окружающей среде.

Литература

[1]. Воздействие ТЭС на окружающую среду / В.В. Ядутов, Т.И. Петров, Ю.Н. Зацаринная // Поколение будущего – взгляд молодых учёных: сборник научных статей 3-й Международной молодежной научной конференции: в 2-х томах. том 2 (г. Курск, 2014 г.) (дата обращения 15.03.2023).

[2]. Рационализация природопользования в стратегии развития промышленных предприятий/ Голик В. И., Комащенко В. И., Леонов И. В., Леонов С. В. // Издательство «Академический Проект» (г. М., 2020 г.) (дата обращения 15.03.2023).

[3]. Комплексное использование золошлаковых отходов / Афанасьева Ольга Валерьевна, Мингалеева Гузель Рашидовна, Добронравов Александр Дмитриевич, Шамсутдинов Эмиль Васильевич // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики, №7-8 (г. Казань, 2015 г.) (дата обращения 08.03.2023).

[4]. [Электронный ресурс] <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-pochv-tsentralnogo-chernozemya-i-osnovnyie-napravleniya-povysheniya-ih-plodorodiya/viewer> (дата обращения 09.03.2023).

[5]. [Электронный ресурс] <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-ekologii-zagryaznenie-pochvy?ysclid=la9w5d0kn9912398172> (дата обращения 09.03.2023)

Заверткин Евгений Александрович – студент кафедры «Экология и промышленная безопасность», КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: zavertkin8910@gmail.com

Научный руководитель: Анфилов Константин Львович – зав. кафедрой ИУК7 "Экология и промышленная безопасность", КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: anfilov@bmstu.ru

СРАВНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Статья "Сравнительный анализ биологических систем очистки сточных вод животноводческих комплексов" представляет собой обзор и сравнительный анализ различных биологических систем очистки сточных вод в животноводческих комплексах. В статье рассматриваются такие методы, как стабилизационные пруды, аэробные и анаэробные биореакторы, механические фильтры и другие. В статье обсуждаются преимущества и недостатки каждого метода, эффективность и экономическая целесообразность их использования. Кроме того, статья также описывает технические характеристики каждой системы, принцип работы и особенности применения в зависимости от условий и характеристик животноводческого комплекса. В результате анализа были выделены наиболее эффективные и экономически целесообразные методы очистки сточных вод в животноводческих комплексах. Результаты и выводы статьи могут быть использованы при выборе метода очистки сточных вод для животноводческих комплексов, а также могут служить основой для дальнейших исследований и разработок в области очистки сточных вод.

Ключевые слова: *сточные воды, животноводческие стоки, стабилизационные пруды, биореакторы, эффективность, метода очистки*

Животноводческие комплексы являются одними из крупнейших источников загрязнения окружающей среды, особенно водных ресурсов. Сточные воды, содержащие большое количество органических веществ, азота, фосфора и других загрязнителей, являются основным источником загрязнения водоемов. Для решения этой проблемы необходимо использовать эффективные системы очистки сточных вод.

В данной работе были проанализированы различные биологические системы очистки сточных вод, используемые в животноводческих комплексах, такие как стабилизационные пруды, аэробные и анаэробные биореакторы, механические фильтры и др. Для сравнения эффективности использовались следующие параметры: удаление органических веществ (ХПК), удаление азота и фосфора, энергетическая эффективность и т.д.

Животноводческие комплексы являются одними из крупнейших источников загрязнения окружающей среды, особенно водных ресурсов. Сточные воды, содержащие большое количество органических веществ, азота, фосфора и других загрязнителей, являются основным источником загрязнения водоемов. Для решения этой проблемы используются различные биологические системы очистки сточных вод, такие как стабилизационные пруды, аэробные и анаэробные биореакторы, механические фильтры и др.

Стабилизационные пруды – это системы, основанные на естественном процессе самоочищения воды в прудах. В этой системе сточная вода от животных попадает в пруд, где естественные процессы биодеградации и фильтрации

удаляют загрязнения из воды. Эта система является одной из наиболее простых и дешевых, но она не обеспечивает высокой эффективности очистки, особенно в условиях повышенной загрузки сточных вод.

Плюсы стабилизационных прудов:

- Низкая стоимость оборудования и эксплуатации.
- Не требуется использование химических реагентов, что уменьшает затраты на их приобретение и хранение.
- Простота конструкции и эксплуатации.
- Возможность использования полученного биологически очищенного стока для орошения полей, что позволяет сократить расходы на удобрения и снижает нагрузку на канализационные сети.

Минусы стабилизационных прудов:

- Ограниченная эффективность в очистке сточных вод с высоким содержанием загрязнений, особенно если в сточных водах присутствуют высокие концентрации азота и фосфора
- Время очистки может быть достаточно длительным и зависит от многих факторов, включая температуру окружающей среды и конструкцию пруда
- Необходимость большой площади для размещения стабилизационного пруда
- В некоторых регионах сточные воды не могут использоваться для орошения из-за высокого содержания солей, что ограничивает использование стока, полученного после очистки стабилизационным прудом.

Аэротенки – это биологические очистные сооружения, которые используют кислород для активации микроорганизмов, разлагающих загрязняющие вещества в сточных водах. Вот некоторые из плюсов и минусов аэротенков:

Плюсы:

- Высокая степень очистки: аэротенки могут обеспечить высокую эффективность очистки сточных вод, что делает их привлекательными для использования в животноводческих комплексах.
- Надежность: аэротенки хорошо работают при широком диапазоне условий эксплуатации и могут длительное время сохранять свою работоспособность.
- Низкие затраты на эксплуатацию: аэротенки не требуют много электроэнергии и не требуют больших затрат на обслуживание.
- Низкий уровень запаха: аэротенки имеют низкий уровень запаха по сравнению с другими типами очистных сооружений.

Минусы:

- Требуется большая площадь: аэротенки требуют большой площади для установки, особенно если рассматривать большие животноводческие комплексы.
- Требуется электроэнергия: хотя аэротенки потребляют меньше электроэнергии, чем некоторые другие типы очистных сооружений, они все же требуют постоянного питания.

- Могут потребоваться дополнительные оборудование: аэротенки могут требовать дополнительное оборудование, такое как вентиляторы, для подачи кислорода в систему.

Биореактор - это технологическое устройство, которое используется для биологической очистки сточных вод. В биореакторе происходит обработка сточных вод микроорганизмами, которые разлагают органические загрязнители в воде.

Эффект очистки биореактором заключается в том, что благодаря микроорганизмам, находящимся в биореакторе, органические загрязнители в сточных водах разлагаются до более простых и безвредных веществ. При этом в процессе разложения микроорганизмы потребляют кислород, который поступает в биореактор, и это приводит к снижению содержания растворенного кислорода в сточных водах.

Плюсы:

- Эффективность очистки: Биореакторы очень эффективно удаляют загрязнения из сточных вод. Они могут удалять до 95% загрязнений, включая органические вещества, азот и фосфор.

- Экономическая эффективность: Биореакторы обычно требуют меньше энергии и химических веществ для очистки сточных вод, чем другие технологии.

- Меньший размер: Биореакторы обычно занимают меньше места, чем другие системы очистки сточных вод, что делает их идеальным выбором для мест, где место ограничено.

- Простота эксплуатации: Биореакторы легко обслуживаются и могут работать автономно.

Минусы:

- Начальные затраты: Биореакторы могут быть дорогими в установке, особенно если используются передовые технологии.

- Чувствительность к температуре: Биореакторы требуют постоянного контроля температуры, что может быть дополнительной нагрузкой для эксплуатационного персонала

- Риск заражения: Биореакторы могут стать источником заражения, если не обслуживаются должным образом.

- Необходимость технического обслуживания: Биореакторы нуждаются в регулярном техническом обслуживании, что может повлиять на экономическую эффективность системы.

Недостатки концепции конструкции очищения канализационных вод представляет немаловажную значимость присутствие подборе зоны конструкции. В взаимосвязи вместе с данным правильнее внедрять приборы подобного вида в использование в случае узкого количества сотрудников места Подобным способом, подобные приборы наиболее многообещающи вместе с места зрениа единых характеристик согласно сопоставлению вместе с аэротенками. Недостатки в виде средства электричества имеют все шансы являться главным условием в подборе оптимальной системы, так как с целью укрепления устойчивой деятельность аэротенка следует применять вспомогательные средства с целью

изготовления атмосферы с целью хода аэрации, в то время равно как в био-фильтре движения, сопряженные вместе с применением окислителя, считаются исполняется в натуральном степени, никак не призывая каких-либо важных инвестиций.

Список литературы

[1]. *Прянишников Д.Н.* Избранные труды. — М.: Наука, 1976. — 591 с.

[2]. *Державин Л.М.* Применение минеральных удобрений в интенсивном земледелии. — М.: Колос, 1992. — 272 с.

[3]. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_35405642_56357858.htm
[Электронный ресурс] (дата обращения 08.11.2022)

Журавлева Ю.А – студент кафедры «Экология и промышленная безопасность», КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана e-mail: <mailto:jzzzhuravl@icloud.com>

Научный руководитель: Анфилов Константин Львович – зав. кафедрой КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail:

СЕКЦИЯ 7.

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В НАЗЕМНЫХ
ТРАНСПОРТНО–ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
СИСТЕМАХ И КОМПЛЕКСАХ**

ДЕМПФИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ВЕДУЩЕГО МОСТА ДЛЯ ТРАКТОРА

Приведены результаты лабораторно-полевых исследований трактора МТЗ-82 с разными двигателями, с дополнительным ведущим мостом на вспашке. Выявлено, что спектральная плотность колебаний крутящего момента на ведущем колесе второй оси трактора с двигателем Д-445 (105 л.с.), с третьим ведущим мостом и с плугом ПН-4-35 при частотах 0...3,0 Гц в 1,5 раза меньше по сравнению с результатами, полученными на заднем колесе штатного трактора МТЗ-82 на вспашке плугом ПН-3-35. Лабораторно-полевые исследования подтвердили, что дополнительный третий ведущий мост позволяет снизить колебания момента в трансмиссии трактора

Ключевые слова: дополнительный ведущий мост, спектральная плотность, упругодемпфирующий элемент

Исследование демпфирующих свойств третьего моста проводилось на трактора МТЗ-82 с повышенной мощностью до 105 л.с, с дополнительным ведущим мостом на вспашке [1]. Было выявлено несколько определяющих частот: 0...3 Гц, 11...12 Гц и 21 Гц. колебаний крутящего момента на второй оси трактора с третьим ведущим мостом и с плугом ПН-4-35 (см. рис. 1).

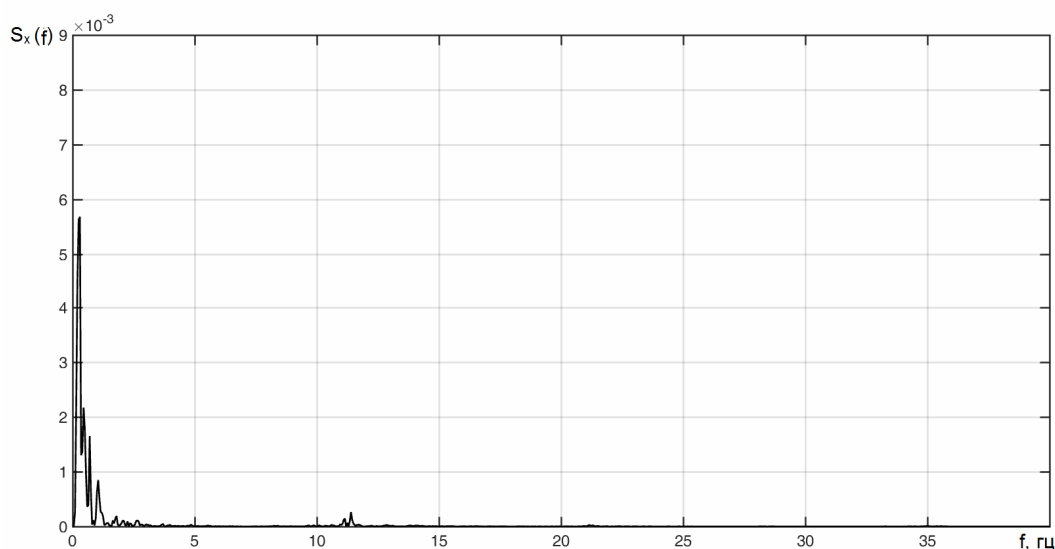


Рис. 1. Нормированные оценки спектральной плотности крутящего момента на правом заднем колесе трактора МТЗ-82 с двигателем Д-445 (105 л.с.) с третьим ведущим мостом и с ПН-4-35

При этом максимальные значения соответствуют частотам 0...3 Гц (см. рис. 1). При вспашке трактором МТЗ-82 с плугом ПЛН-3-35 диапазон определяющих частот соответствует частотам: 0...3 Гц, 11...12,5 Гц, 21...22 Гц, 36 Гц (см. рис. 2), а максимальные значения соответствуют 0...3,0 Гц и 11...12,5 Гц.

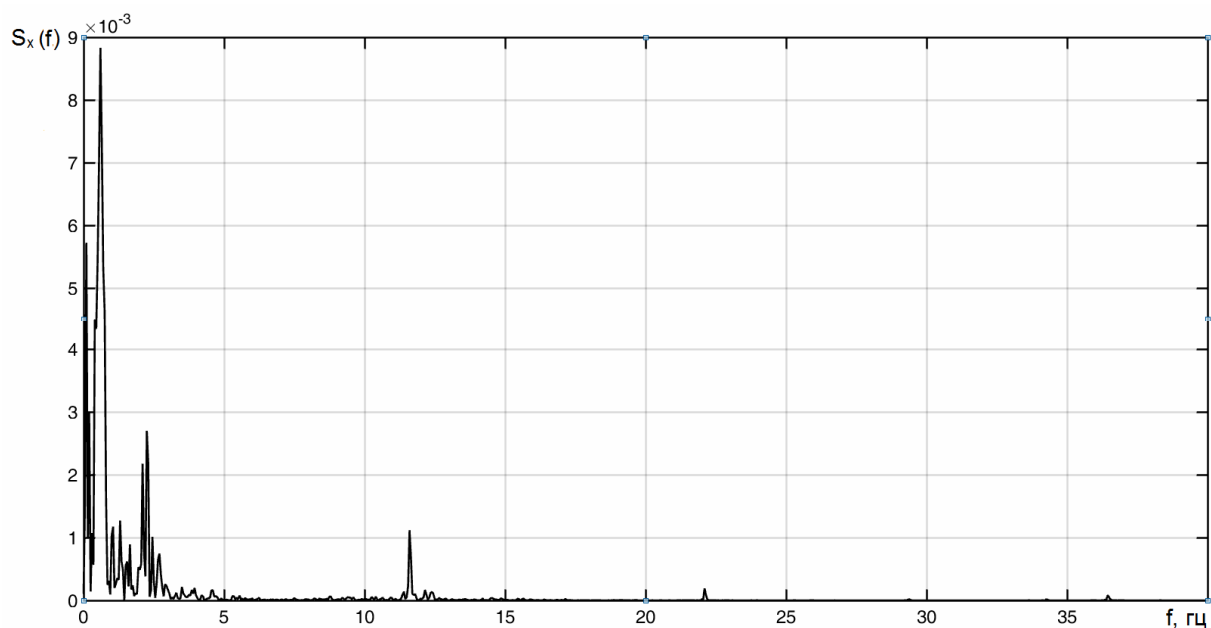


Рис. 2. Нормированные оценки спектральной плотности крутящего момента на правом заднем колесе двухосного трактора МТЗ-82 с двигателем Д-240 (80л.с.) и с плугом ПЛН-3-35

Выявлено, что спектральная плотность колебаний крутящего момента на ведущем колесе второй оси трактора с двигателем Д-445 (105 л.с.), с третьим ведущим мостом и с плугом ПН-4-35 при частотах 0...3,0 Гц в 1,5 раза меньше по сравнению с результатами, полученными на заднем колесе штатного трактора МТЗ-82 на вспашке плугом ПН-3-35. При этом пиковое значение крутящего момента на правом колесе второй оси трактора с третьим ведущим мостом и с плугом ПН-4-35 смещено до 0,25 Гц, в то время как пиковое значение крутящего момента на правом колесе второй оси трактора МТЗ-82 с плугом ПЛН-3-35 равно 0,6 Гц. Это свидетельствует о стабилизации крутящего момента на правом колесе второй оси трактора и подтверждает наличие демпфирующих свойств третьего подкатного моста

Вывод о стабилизации крутящего момента на правом колесе второй оси трактора МТЗ-82 при использовании третьего подкатного моста подтверждают и нормированные корреляционные функции (см. рис. 3).

Время спада корреляционной функции крутящего момента на правом колесе второй оси трактора с третьим ведущим мостом и с плугом ПН-4-35 больше в 1,8 раза и составляет 0,9 с, в сравнении со штатным трактором МТЗ-82 оно составляет 0,5 с.

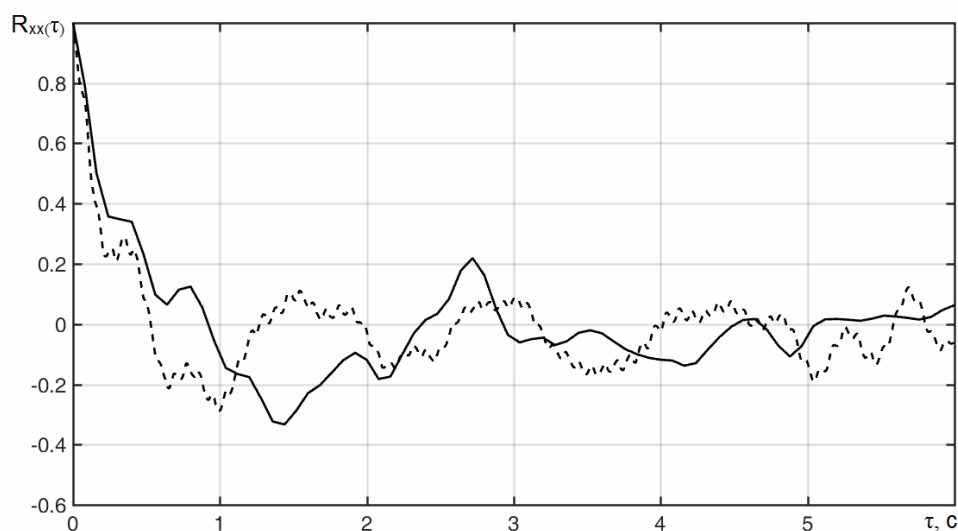


Рис. 3. Нормированные оценки корреляционной функции крутящего момента на правом заднем колесе трактора МТЗ-82:
 сплошная линия – с двигателем Д-445 (105 л.с.);
 с третьим ведущим мостом и с плугом ПН-4-35;
 пунктирная линия – с двигателем Д-240 (80л.с.) и с плугом ПЛН-3-35

Заключение

Лабораторно-полевые исследования подтвердили, что дополнительный третий ведущий мост позволяет снизить колебания момента в трансмиссии трактора

Список литературы

- [1] Лавров АВ., Сидоров М.В, Воронин В.А Технологический модуль для крестьянских фермерских хозяйств // Сельский механизатор, 2021. №3.С.5-6.
- [2] Лавров АВ., Сидоров М.В, Воронин В.А, Сидорова АВ. Мощность двигателя трактора, оснащенного технологическим модулем // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. Т. 15. № 2. С. 33-40.

Сидорова Анастасия Владимировна – аспирант КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: nancy85@yandex.ru

Алакин Виктор Михайлович – alakin.vm@bmstu.ru КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана

РАСЧЕТ ОБЩЕЙ КОМПОНОВКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ

Предложена методика общей компоновки транспортного средства на воздушной подушке с опорными колесами. В качестве примера выполнен расчёт малогабаритного транспортного средства. Выполнено проектирование транспортного средства на воздушной подушке с дополнительным колесным ходом с учетом требований к нему по обеспечению проходимости, грузоподъемности и скорости. Предложена компоновка транспортного средства на воздушной подушке путем совмещения размеров несущей системы транспортного средства с воздушной подушкой таким образом, чтобы они накладывались симметрично по длине для равномерного давления несущей системы на опорную площадь подушки. Колесные движители для перемещения по твердой поверхности на воздушной подушке установлены под несущей платформой по ее краям. Целью работы является расчет общей компоновки малогабаритного транспортного средства на воздушной подушке с опорными колесами.

Ключевые слова: транспортное средство, воздушная подушка, специальные движители

Для перемещения транспортных средств в условиях бездорожья, пониженной плотности верхнего слоя в виде снежной поверхности с высотой покрова более 1 метра, а также преодоления заболоченных мест с поверхностной плотностью равной водной поверхности и по самой водной поверхности применяют транспортные средства (ТС) со специальными движителями (СД) на воздушной подушке [1].

Для перемещения транспортного средства (ТС) на воздушной подушке (ВП) по твердой дорожной поверхности применяют комбинированный вариант компоновки с опорными колесами [2,3]. Проектирование транспортного средства на воздушной подушке с дополнительным колесным ходом выполняем с учетом требований к нему по обеспечению проходимости, грузоподъемности и скорости [4]. Выполним пример расчета малогабаритного транспортного средства на воздушной подушке с опорными колесами, используя следующие исходные данные: полная масса ТС $M_{ТС} = 3000$ кг, ширина кузова $B_{ТС} = 3,2$ м.

Массу допустимого груза определяем, исходя из полной массы ТС $M_{ТС}$:

$$M_{гр} = M_{ТС} \cdot K_{груз} = 3000 \cdot 0,3 = 900 \text{ кг},$$

где $K_{груз}$ — коэффициент соотношения массы груза относительно полной массы ТС на ВП ($K_{груз} = 0,3$).

Объем грузового отсека кузова $W_{куз}$ находим с учетом средней плотности перевозимого груза $\rho_{груз} = 300 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$:

$$W_{\text{куз}} = \frac{M_{\text{сп}}}{\rho_{\text{спуэ}}} = \frac{900}{300} = 3 \text{ м}^3.$$

Принимаем высоту кузова ТС на ВП $H_{\text{куз}} = 0,8 \text{ м}$, ширину кузова – $B_{\text{ТС}} = 2,5 \text{ м}$ и определяем длину кузова:

$$L_{\text{куз}} = \frac{W_{\text{куз}}}{B_{\text{ТС}} \cdot H_{\text{куз}}} = \frac{3}{2,5 \cdot 0,8} = 1,5 \text{ м}.$$

Общую длину несущей платформы ТС на ВП определяем учитывая длину кабины $L_{\text{каб}}$ и бамперов $L_{\text{бам}}$:

$$L_{\text{ТС}} = L_{\text{каб}} + L_{\text{куз}} + 2L_{\text{бам}} = 2 + 1,5 + 2 \cdot 0,3 = 4,1 \text{ м}.$$

Площадь воздушной подушки определяем по следующей методике. Для обеспечения подъема ТС с полной массой среднее динамическое давление воздуха на выходе из подушки необходимо от 0,8 кПа до 2,0 кПа. При этом, чем выше динамическое давление воздуха под подушкой, тем больше высота подъема ТС на ВП и потребная мощность на привод вентилятора, при заданной полной массе ТС. Для расчетов принимаем уровень давления, равный 2,0 кПа

$$S_{\text{ВП}} = \frac{M_{\text{ТС ВП}} \cdot g}{P_{\text{ВП}}} = \frac{3000 \cdot 9,81}{2000} = 14,72 \text{ м}^2.$$

При ширине ТС, равной $B_{\text{ТС}} = 3,2 \text{ м}$, определим длину воздушной подушки $L_{\text{ВП}}$:

$$L_{\text{ВП}} = \frac{S_{\text{ВП}}}{B_{\text{ТС}}} = \frac{14,72}{3,2} = 4,6 \text{ м}.$$

Компоновку ТС проводим таким образом, чтобы несущая система накладывалась симметрично по длине для равномерного давления на опорную площадь воздушной подушки. Колесные опоры для перемещения по твердой поверхности ТС на ВП устанавливаем по краям несущей платформы снизу (см. рис. 1).

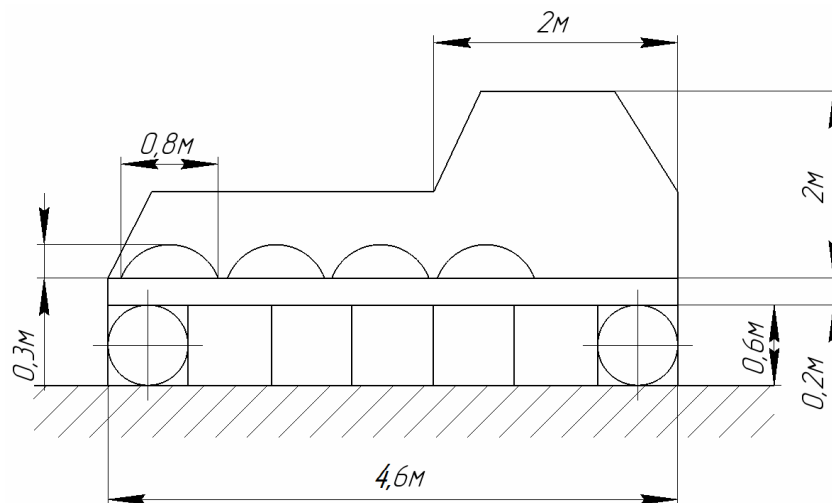


Рис. 1. Компоновка ТС на ВП по результатам расчетов

Заключение

Предложенная методика позволяет провести необходимую компоновку малогабаритного транспортного средства на воздушной подушке с дополнительным колесным двигателем.

Список литературы

[1] Демешко Г. Ф. Проектирование судов. Амфибийные суда на воздушной подушке: в 2 книгах. Кн.2: учебник / Г. Ф. Демешко. – Санкт-Петербург: Судостроение, 1992. — 329 с.

[2] Котович С.В Двигатели специальных транспортных средств: в 2 частях. Ч.1: учебное пособие / С.В. Котович. – Москва: МАДИ (ГТУ), 2008. – 161 с.

[3] Котович С.В. Двигатели специальных транспортных средств: в 3 частях. Ч.2: учебное пособие / С.В. Котович. – Москва: МАДИ, 2021. – 184 с.

[4] Злобин Г.П. Суда на воздушной подушке / Г.П. Злобин, Ю.А. Симонов. Ленинград: Судостроение, 1971. -212 с.

Котков Алексей Сергеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: kotkovas@student.bmstu.ru

Сидоров Максим Владимирович sidorov.maxim.v@bmstu.ru КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ

Предложена методика кинематического расчета привода вентиляторов транспортных средств на воздушной подушке с опорными колесами. В качестве примера выполнен кинематический расчет двухконтурного варианта привода вентиляторов транспортного средства на воздушной подушке с опорными колесами. Предложенная методика позволяет провести кинематический расчет транспортного средства на воздушной подушке с опорными колесами, рассчитать необходимые передаточные числа редукторов и необходимую мощность на привод вентилятора и колесного движителя.

Целью работы является кинематический расчет малогабаритного транспортного средства на воздушной подушке с опорными колесами.

Ключевые слова: кинематический расчет, транспортные средства, воздушная подушка, опорные колеса

Кинематическая схема транспортного средства (ТС) на воздушной подушке (ВП) может быть одноконтурной или двухконтурной [1, 2]. Одноконтурная кинематическая схема применяется для ТС на ВП на привод вентиляторов, а двухконтурная на привод вентиляторов и колесного движителя (см. рис. 1).

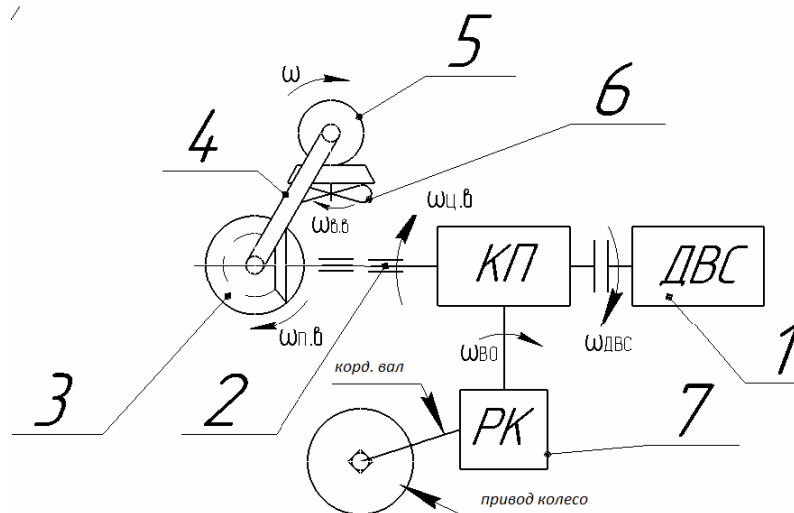


Рис. 1. Кинематическая схема ТС на ВП с опорными колесами:

- 1 — двигатель внутреннего сгорания; 2 — центральный вал;
- 3 — угловые редукторы; 4 — поперечные валы; 5 — конечные угловые редукторы привода вентиляторов; 6 — конечные угловые редукторы привода вала вентиляторов; 7 — раздаточная коробка передач

Проектирование кинематической схемы ТС на ВП с опорными колесами начинаем с выбора частоты вращения двигателя $\omega_{двс}$ при номинальном режиме [3, 4]. Для дизеля: 2500 об/мин, для бензинового двигателя: 3500 об/мин. При проектировании кинематической схемы, угловую скорость вентилятора выби-

раем $\omega_{вв}$ от 3000 до 5000 об/мин. С учетом выбранной частоты вращения вентилятора принимаем повышающий редуктор 3.

Рассчитываем общее передаточное отношение кинематической схемы:

$$i_{общ} = \frac{\omega_{ДВС}}{\omega_{вв}} = \frac{3500}{3000} = 1,17.$$

Кинематическую передачу привода опорных колес рассчитываем с учетом скорости движения транспортного средства $v_{ТС ВП} = 0...45$ км/ч. Применяем 3 режима раздаточной коробки 7 привода колес: от 0 до 15 км/ч, от 15 до 30 км/ч и от 30 до 45 км/ч.

Для расчета кинематики принимаем диаметр колес $D_{кол} = 1,1$ м и скорости движения транспортного средства $v_1 = 15$ км/ч и $v_2 = 30$ км/ч или $v_3 = 45$ км/ч. Рассчитываем передаточные числа раздаточной коробки для первой, второй и третьей передач:

$$i_{КП(I)} = \frac{\omega_{ДВС}}{\omega_{к(I)}} = \frac{3500 \cdot 3,14}{30 \cdot 7,58} = 48;$$

$$i_{КП(II)} = \frac{\omega_{ДВС}}{\omega_{к(II)}} = \frac{3500 \cdot 3,14}{30 \cdot 15,15} = 24;$$

$$i_{КП(III)} = \frac{\omega_{ДВС}}{\omega_{к(III)}} = \frac{3500 \cdot 3,14}{30 \cdot 22,73} = 16;$$

где $\omega_{к(i)}$ - угловая скорость вращения колес на 1-й, 2-й, 3-й передаче:

$$\omega_{к(I)} = \frac{v_{к1}}{D_{кол}/2} = \frac{15 : 3,6}{0,55} = 7,58 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_{к(II)} = \frac{v_{к2}}{D_{кол}/2} = \frac{30 : 3,6}{0,55} = 15,15 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_{к(III)} = \frac{v_{к3}}{D_{кол}/2} = \frac{45 : 3,6}{0,55} = 22,73 \text{ с}^{-1}.$$

Требуемая мощность на привод двухконтурной кинематической схемы:

$$\begin{aligned} N_{ДВС} &= N_{вент} + N_{ход.сист} = \\ &= 37224 + 51502,5 = 88726,5 \text{ Вт} = 88,7 \text{ кВт} \end{aligned}$$

где $N_{ход.сист}$ - мощность на перемещение ТС на ВП, которую определяем с учетом возможного угла подъема $\sin(I) = 25^\circ$ на первом режиме редуктора при скорости движения транспортного средства 15 км/ч:

$$N_{ход.суст} = G_{ТС} \cdot \sin(I) \cdot v_{ТС} = \\ = 3000 \cdot 9,81 \cdot 0,42 \cdot 15 : 3,6 = 51502,5 \text{ Вт}$$

Заключение

Предложенная методика позволяет провести кинематический расчет транспортного средства на воздушной подушке с опорными колесами, рассчитать необходимые передаточные числа редукторов и необходимую мощность на привод вентилятора и колесного движителя.

Список литературы

[1] Демешко Г. Ф. Проектирование судов. Амфибийные суда на воздушной подушке: в 2 книгах. Кн.2: учебник / Г. Ф. Демешко. – Санкт-Петербург: Судостроение, 1992. 329 с.

[2] Злобин Г.П. Суда на воздушной подушке / Г.П. Злобин, Ю.А. Симонов. Ленинград: Судостроение, 1971. 212 с.

[3] Бенуа Ю. Ю. Суда на воздушной подушке / Ю. Ю. Бенуа, В. М. Корсаков. Ленинград: Судостроение, 1962. 121 с.

[4] Колызаев Б. А. Справочник по проектированию судов с динамическими принципами поддержания / Б. А. Колызаев, А. И. Косоруков, В. А. Литвиненко. Л.: Судостроение, 1980. 472 с.

Маташнёв Артем Александрович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана
E-mail: matashnyovaa@student.bmstu.ru

Сидоров Максим Владимирович sidorov.maxim.v@bmstu.ru КФ МГТУ
им. Н.Э. Баумана

РАСЧЕТ РАМЫ АВТОМОБИЛЯ В SOLIDWORKS SIMULATION

В статье представлено исследование напряженно – деформированного состояния (НДС) рамы автомобиля во встроенном модуле *SimulationXpress* программы *SolidWorks* с целью обнаружения наиболее опасных участков для того, чтобы на этапе конструирования изменить размеры деталей и материал.

Ключевые слова: модель рамы автомобиля, *SolidWorks Simulation*, прочностной расчет.

Рамы машин - это наиболее нагруженные несущие элементы, выполненные из проката разного профиля и соединенные болтами, сваркой, и заклепками. При появлении дефектов отдельных элементов (ослабление болтовых соединений, трещины, разрушение сварных швов) возможна деформация всей рамы [1].

На сегодняшний день среди множества систем автоматизированного проектирования широко распространен программный комплекс САПР– *SolidWorks* [2, 3].

Определим НДС несущей рамы грузового автомобиля во встроенном модуле *SimulationXpress* программы *SolidWorks* (см. рис. 1).

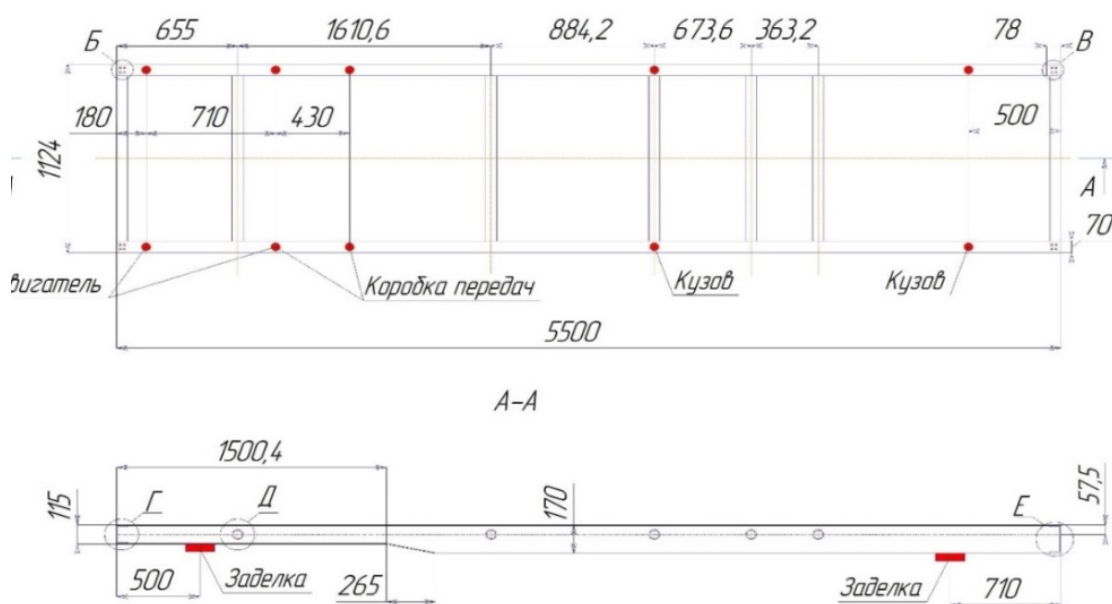


Рис. 1. Фрагмент чертежа рамы автомобиля

Первым шагом для решения задачи является создание 3D модели. Сначала был построен лонжерон, затем поперечные швеллеры. Важно, чтобы была отключена операция «объединить результаты» при вытягивании, так как швеллеры между собой не сварены.

Затем были выполнены отверстия под болты M12 по углам рамы и для имитации мест крепления подвески и агрегатов автомобиля созданы небольшие бобышки, которые не влияющие на результаты расчёта После всех вышепере-

численных действий, используя операцию «Зеркальное отражение», была построена вторая половина рамы (см. рис. 2).

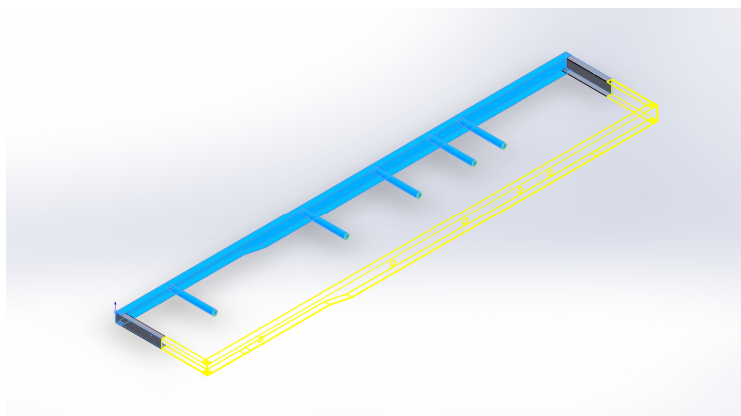


Рис. 2. Зеркальное отражение

Далее запускаем пакет Simulation для инженерного анализа, в котором задаются внешние нагрузки от внутренних агрегатов, кузова и груза. Следует учесть, что вес распределен на несколько участков, а масса двигателя и коробки суммируются в двух местах. Зафиксируем одну часть рамы допуская перемещения, имитируя переднюю подвеску, а другую часть без перемещений, имитируя заднюю балку (рис.3а).

Установим болты в специально сделанные под них места, материал болтов выберем из библиотеки материалов, в таблице выбираем «простая углеродистая сталь» (рис. 3б).

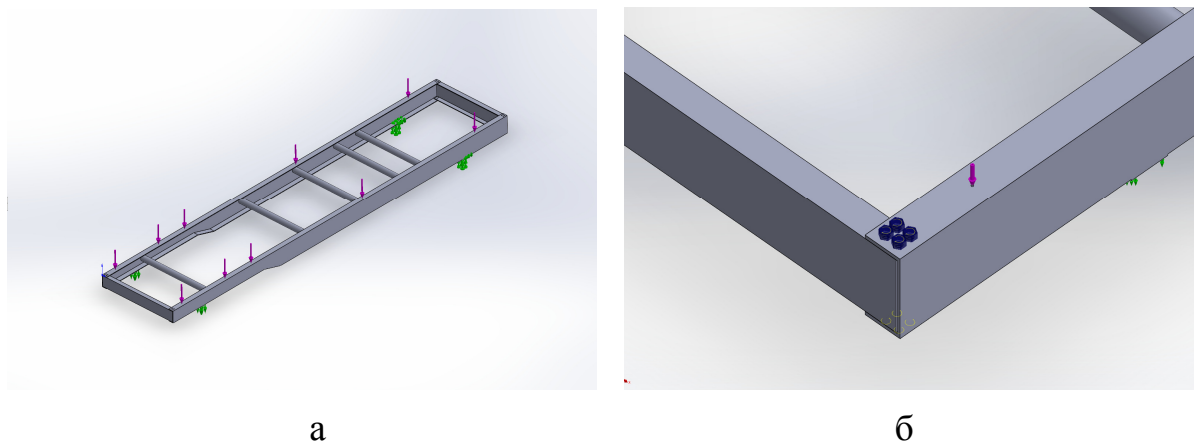


Рис. 3. Моделирование нагрузок :
Фиксация и нагрузки рамы (а), установка болтовых соединений (б)

Материал для рамы так же выбираем «простая углеродистая сталь». В разделе соединение, контакты компонентов, компонент соприкосновения выбираем тип контакта «нет проникновения» и задаём коэффициент трения 0,2.

Следующий этап – генерация конечно-элементной сетки, плотность которой можно регулировать. Это влияет на точность и время расчётов (см. рис. 4).

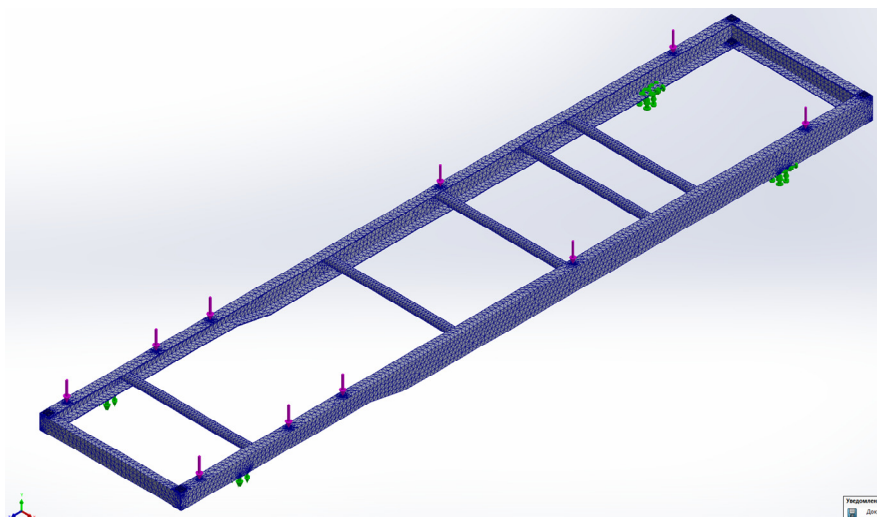


Рис. 4. Конечно-элементная сетка

Затем запускаем исследование на статическую прочность. После расчётов можно выбрать нужные эпюры. В данном случае выведено значение запаса прочности (см. рис. 5)

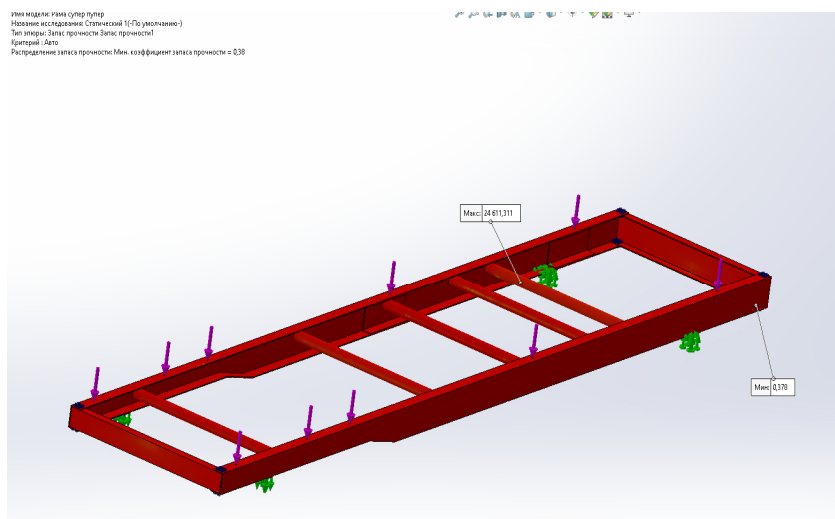


Рис. 5. Поле запаса прочности (б)

Заключение

Как видно из рис.4, необходимо изменить размеры профилей и материал, иначе прочность конструкции будет нарушена. Компьютерное моделирование позволяет оценить НДС рамы, определить наиболее опасные участки и, при необходимости, внести изменения в конструкцию на этапе с целью предотвращения поломок [4].

Список литературы

- [1] URL: <https://avtoekat.ru/obzory-i-rejtingi/remont-chugunnogo-bloka-dvigatelya.html> (дата обращения 31.03.2023)
- [2] URL: https://www.solidworks.com/sw/docs/student_wb_2011_rus.pdf (дата обращения 31.03.2023)

[3] Алямовский АА, Собачкин АА SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 800с.

[4] Ицкович Г. М. «Сопротивление материалов». М.: Высшая школа, 1998.

Кузовков Дмитрий Русланович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: kuzovkov.dmitry2016@yandex.ru

Никишкина Алевтина Борисовна – КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: ab_nikishkina@rambler.ru

ПОВЫШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ЗА СЧЁТ РАЗРАБОТКИ ШЕСТИСТУПЕНЧАТОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ КОРОБКИ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ

В статье обосновано применение шестиступенчатой механической коробки переключения передач вместо пяти ступеней для легковых автомобилей с поперечным расположением силового агрегата. Проверочный расчет разработанной шестиступенчатой коробки передач показал улучшение динамических характеристик автомобиля по сравнению с аналогичной коробкой, имеющей пять передач. Моделирование напряженно-деформированного состояния деталей спроектированной коробки передач показало, что их запас прочности удовлетворяет требованию быть не ниже допустимого значения.

Ключевые слова: динамические характеристики, коробка передач, безопасность

Назначение легковых автомобилей состоит в осуществлении перевозок пассажиров и малогабаритного груза при условии безопасности во время движения. Безопасность является приоритетным требованием при управлении автомобилем. Наибольшей опасностью характеризуются дорожно-транспортные происшествия, произошедшие по причине недостаточных динамических характеристик автомобилей при их маневрировании в транспортных потоках.

Разработка новых коробок передач направлена на удовлетворение постоянно растущих требований к безопасности, повышению комфортабельности автомобиля и снижению нагрузки на среду обитания с учетом возможности спортивного характера вождения. Увеличение числа ступеней коробки передач позволяет снизить шум силового агрегата, упрощает согласование с характеристиками различных двигателей и, обеспечивая лучшее использование крутящего момента двигателя, способствует снижению выброса токсичных веществ.

Шестиступенчатая механическая коробка переключения передач (МКПП) является результатом доработки пятиступенчатой МКПП. Благодаря максимальному использованию объема позволит реализовать шесть передач переднего хода на автомобилях с поперечным расположением силового агрегата.

Для выполнения поставленной задачи была составлена кинематическая схема проектируемой шестиступенчатой МКПП, представленная на рис. 1.

Первичный 1 и вторичный 21 валы коробки расположены параллельно друг другу, а также параллельно коленчатому валу (на рисунке не показан) и выходным валам 25. Шестерни первичного и вторичного валов находятся в постоянном зацеплении. На нейтральной передаче шестерни на обоих валах вращаются свободно, не передавая вращение к ведомой шестерне главной передачи 22.

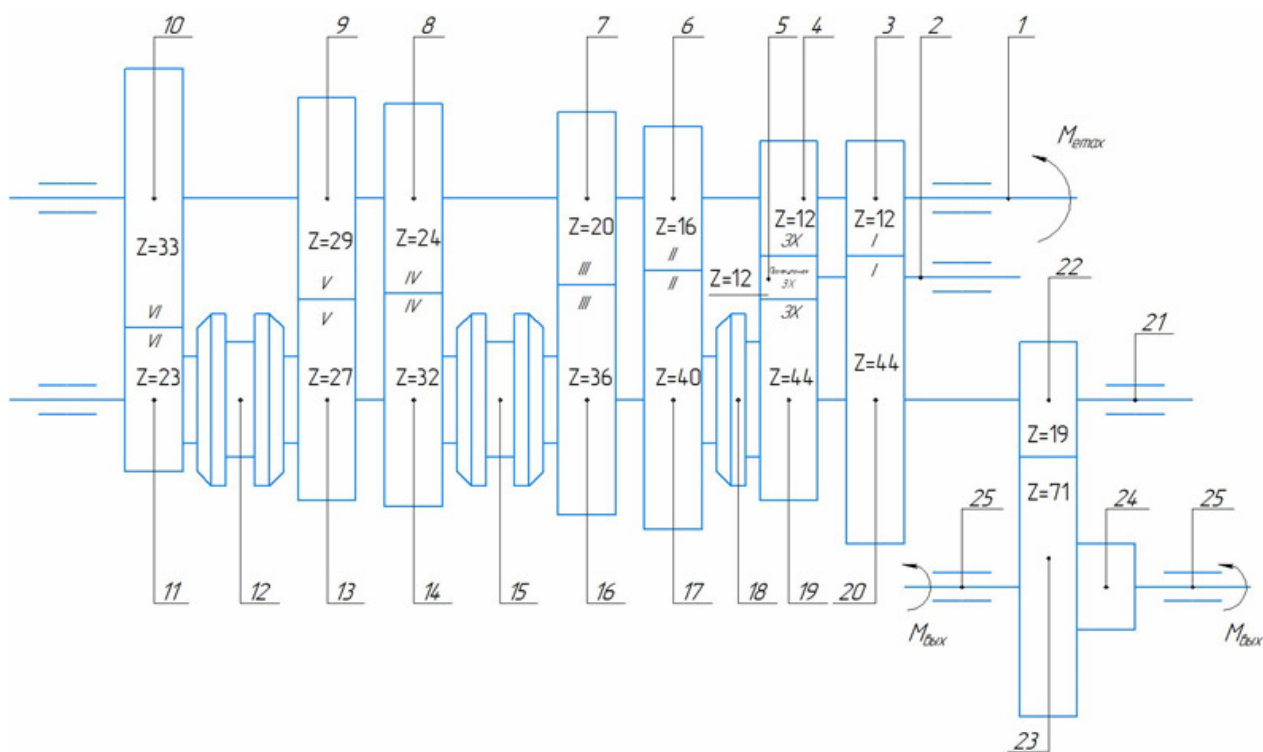


Рис. 1. Кинематическая схема шестиступенчатой МКПП

1 - первичный вал; 2 - вал промежуточной шестерни заднего хода; 3 - ведущая шестерня I передачи; 4 - ведущая шестерня заднего хода; 5 - промежуточная шестерня заднего хода; 6 - ведущая шестерня II передачи; 7 - ведущая шестерня III передачи; 8 - ведущая шестерня IV передачи; 9 - ведущая шестерня V передачи; 10 - ведущая шестерня VI передачи; 11 - ведомая шестерня VI передачи; 12 - муфта синхронизатора V и VI передачи; 13 - ведомая шестерня V передачи; 14 - ведомая шестерня IV передачи; 15 - муфта синхронизатора III и IV передачи; 16 - ведомая шестерня III передачи; 17 - ведомая шестерня II передачи; 18 - муфта синхронизатора I и II передачи; 19 - ведомая шестерня заднего хода; 20 - ведомая шестерня I передачи; 21 - вторичный вал; 22 - ведущая шестерня главной передачи; 23 - ведомая шестерня главной передачи; 24 - дифференциал; 25 - выходные валы

На первичном валу расположены зафиксированные на шлицах вала шестерни V и VI передачи (9, 10), а ведущие шестерни I, R, II, III и IV передач запрессованы на первичном валу (3, 4, 6, 7, 8). Вторичный вал изготовлен вместе с ведущей шестерней главной передачи. Кроме этого, на валу установлены свободно вращающиеся на подшипниках скольжения ведомые шестерни I, R, II, III, IV, V и VI передач (20, 19, 17, 16, 14, 13, 11). Передачи включаются осевым перемещением муфт синхронизаторов I–II, III–IV, V–VI передач (18, 15, 12), установленных на вторичном валу.

Передаточные числа ступеней определены из условия максимальной топливной экономичности работы двигателя. Передаточное число низшей ступени коробки передач определяли по формуле:

$$u_{\text{кни}} = \frac{8950 \cdot \varphi_x \cdot r_K}{M_{e\text{max}} \cdot U_{\Gamma} \cdot \eta_{\text{мр.п.}}}, \quad (1)$$

где φ_x – коэффициент сцепления, для полноприводных автомобилей $\varphi_x = 0,7 \dots 0,8$ (принимаем $\varphi_x = 0,8$); $\eta_{тр.н.}$ – КПД трансмиссии на низшей передаче, приняли $\eta_{тр.н.} = 0,96$ [1].

Передаточное число главной передачи U_G определили из условия обеспечения максимальной скорости автомобиля V_{max} , равной 60 м/с по формуле:

$$U_G = \frac{\pi \cdot n_p \cdot r_K}{30 \cdot u_{кнв} \cdot V_{max}}, \quad (2)$$

где $U_{кнв}$ – передаточное число коробки передач на высшей передаче, принимаем $U_{кнв} = 0,69$ (для легковых автомобилей передаточное число лежит в диапазоне 0,65 – 0,80); $n_p = 5000$ об/мин – частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности; r_K – радиус качения колеса

Показатель средней плотности ряда передаточных чисел q_{cp} нашли по формуле:

$$q_{cp} = \sqrt[n_{к.н.}-1]{\frac{u_{к.н.н.}}{u_{к.н.в.}}}. \quad (3)$$

Передаточные числа двухвальной коробки передач определяли по формуле [1]:

$$u_{кни} = u_{кни-1} / q_{cp}. \quad (4)$$

Вычислим максимальную скорость на всех передачах, используя формулу:

$$v_{mi} = v_{max} \cdot \frac{u_{mp}}{u_{mpi}}. \quad (5)$$

Сравнение рассчитанных динамических параметров автомобиля показано в таблице 1.

Устройство разработанной МКПП пояснено на рис. 2, а компоновка валов и шестерен в трехмерной модели представлена на рис. 3.

Таблица 1

Сравнительный анализ динамических параметров

Передачи	Передаточные числа		Скорость автомобиля, м/с	
	5 МКПП	6 МКПП	5 МКПП	6 МКПП
1 передача	3,58	3,60	10,6	11,5
2 передача	2,04	2,60	18,6	16
3 передача	1,41	1,86	27	22
4 передача	1,11	1,34	34	31
5 передача	0,76	0,96	50	43
6 передача	-	0,69	-	60

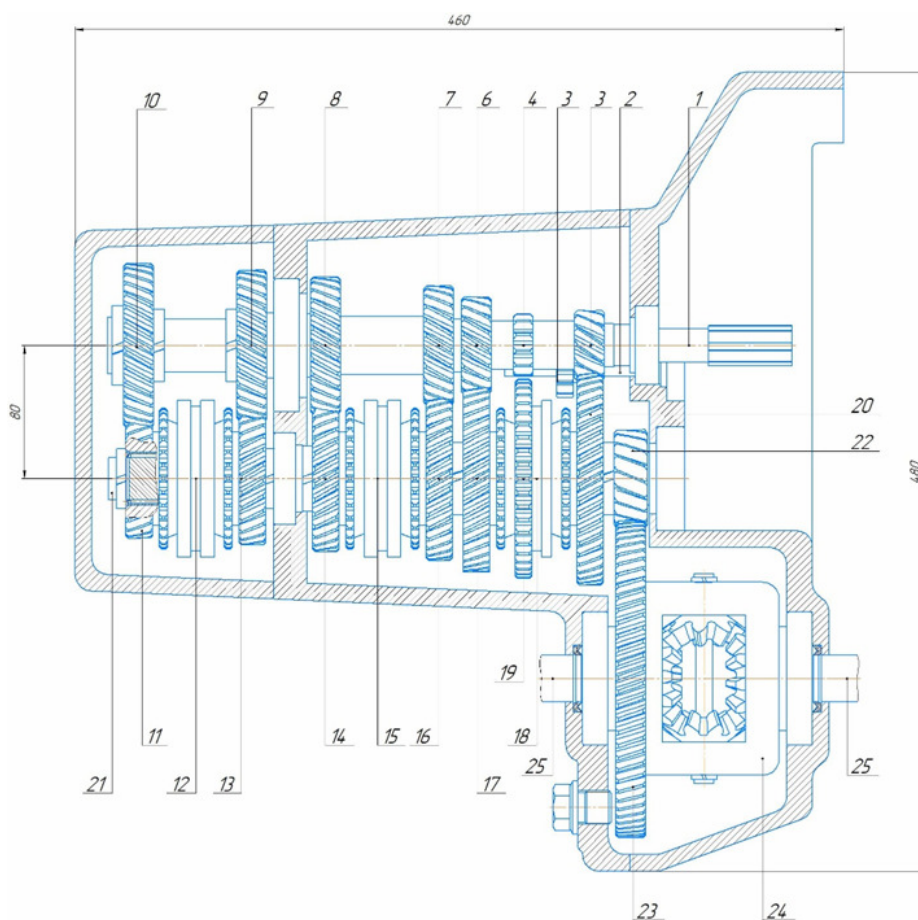


Рис. 2. Устройство разработанной МКПП

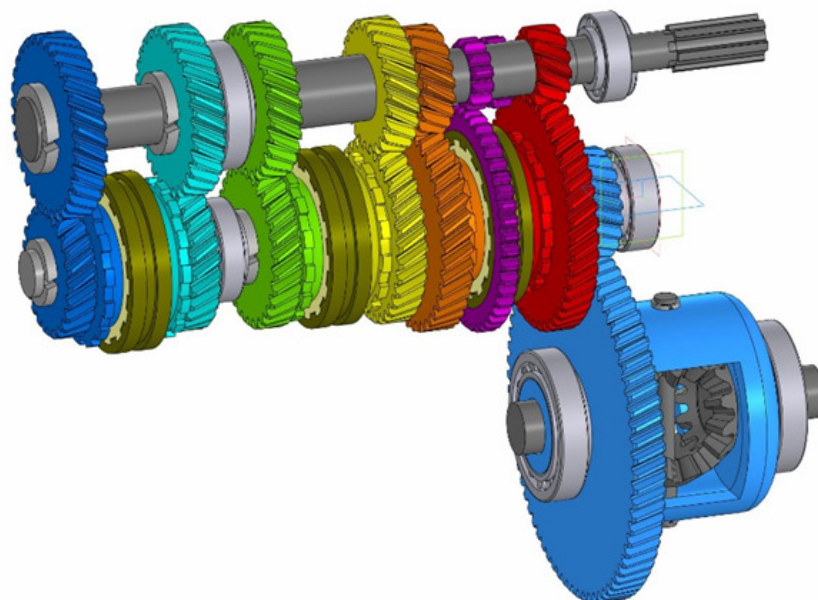


Рис. 3. 3D-модель шестиступенчатой МКПП

Спроектированная МКПП имеет габаритные размеры 460x480 мм. По сравнению с пяти ступенчатой МКПП длина узла увеличилась на 16 мм, что не препятствует установке разработанной МКПП в серийно выпускаемые автомо-

били. С помощью разработанной 3D-модели узла в системе автоматизированного проектирования проверена его статическая и динамическая собираемость [2]. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния деталей показало, что их запас прочности не ниже допускаемого значения 1,3 [3].

Заключение

Передаточное число высшей ступени разработанной механической коробки переключения передач понижено на 20%, что позволило пропорционально увеличить максимальную скорость автомобиля.

Передаточные числа шестиступенчатой МКПП скорректированы относительно передаточных чисел пятиступенчатой МКПП с целью повышения топливной экономичности.

Незначительное изменение габаритных размеров разработанной шестиступенчатой МКПП не препятствует установке в серийно выпускаемые автомобили.

Список литературы

[1] Огороднов С.М. Конструкция автомобилей и тракторов [Текст]: учебник С.М. Огороднов. – Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 284 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.irpbookshop.ru/86597.html>

[2] Тимофеев, С.И. Применение автоматизированных программ в учебном процессе при подготовке выпускников аграрных вузов / С.И. Тимофеев, Ф.Л. Чубаров, М.В. Сидоров // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2020 – №1(15). – С. 105-109.

[3] Вахламов В.К. Автомобили: конструкция и элементы расчета [Текст]: учебник В.К. Вахламов. – М.: Академия, 2010. – 816 с.

Маташнёв Артём Александрович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана
E-mail: matashnev000@mail.ru

Пономарев Алексей Иванович – КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: apon@bmstu.ru

МЕТОДИКА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОПЕРЕЧНОГО КРЕНА КУЗОВА ФУРГОНА ГАЗЕЛЬ NEXТ ПРИ КРИВОЛИНЕЙНОМ ДВИЖЕНИИ

В статье приведена методика имитационного моделирования в программной среде SolidWorks Motion 2016 изменения угла крена кузова фургона ГАЗель NEXТ при маневрировании и на повороте с использованием рычажно-электромагнитной системы стабилизации в сравнении с рычажной. В результате исследований было выявлено уменьшение угла крена фургона на режимах движения при маневрировании и на поворотах с использованием системы рычажно-электромагнитной стабилизации относительно установленной рычажной на примере ГАЗель NEXТ. Предложенным методом имитационного моделирования была доказана эффективность использования рычажно-электромагнитной системы стабилизации при повороте и маневрировании по сравнению с рычажными стабилизаторами.

Ключевые слова: стабилизатор поперечной устойчивости; электромагнитный стабилизатор; имитационное моделирование, угол крена, поперечная устойчивость

Поперечная устойчивость грузовых автомобилей в процессе интенсивного движения на поворотах и при маневрировании в значительной степени определяет безопасность движения и сохранность жизни человека и груза [1-2]. Для повышения поперечной устойчивости грузовых и легковых автомобилей от опрокидывания применяются стабилизаторы поперечной устойчивости. В последнее время на легковых автомобилях стали применять активные стабилизаторы: электрические и гидравлические [3-5].

В результате теоретических исследований провели обоснование параметров электромеханического варианта стабилизатора. Для проведения экспериментальных исследований разработали методику и реализовали имитационное моделирование поперечного крена кузова фургона

В данной работе представлена методика имитационного моделирования поперечного крена кузова фургона с применением программной среды SolidWorks Motion 2016 [6]. Методика предусматривает исследование крена кузова по вариантам криволинейного движения с использованием рычажно-электромагнитной системы стабилизации в сравнении с обычным рычажным стабилизатором. Цель исследования заключается в повышении устойчивости малотоннажного грузового фургона ГАЗель NEXТ на поворотах и при маневрировании путем снижения угла крена при интенсивном маневрировании.

Этапы методики имитационного моделирования криволинейного движения автомобиля ГАЗель NEXТ

На первом этапе методики была построена твердотельная 3D-модель цельнометаллического фургона ГАЗель NEXТ (рис. 1) и провели имитацию криволинейного движения работы РЭМСПС путем добавления четырех ЭМС к двум ры-

чажным стабилизаторам, а на другом этапе имитации движения включали в работу одни рычажные стабилизаторы без ЭМС (рис. 2).

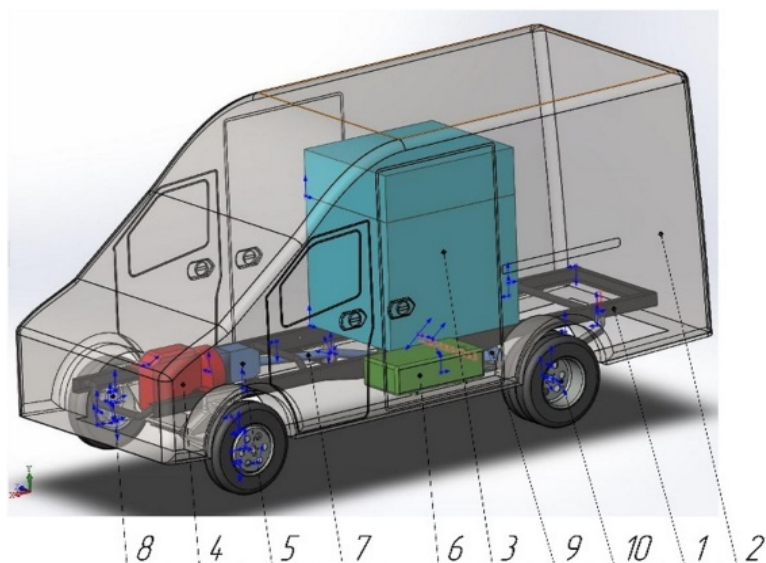


Рис. 1. 3D-модель цельнометаллического фургона ГАЗель NEXT:
1 – рама, 2 – кузов, 3 – груз, 4 – двигатель, 5 – коробка передач, 6 – топливный бак, 7 – карданные валы, 8 – передняя подвеска, 9 – задний мост; 10 – колеса

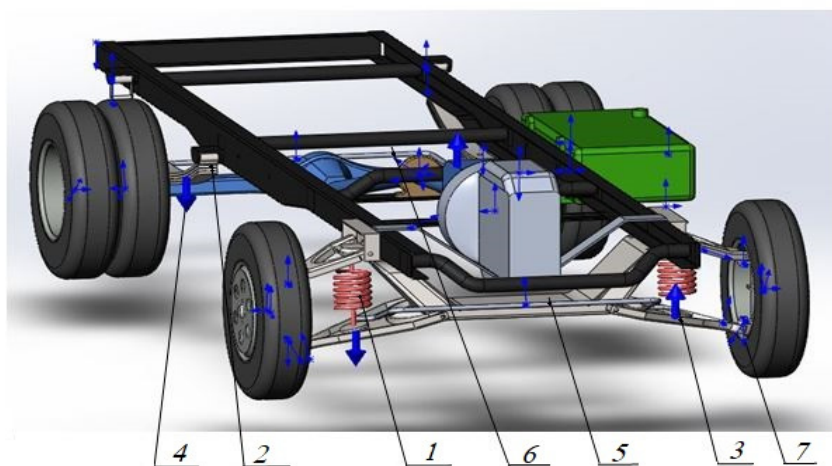


Рис. 2. Твердотельная 3D модель компоновки ходовой системы с РЭМСПС:
1 – передняя подвески; 2 – задняя подвеска; 3 – ЭМС передней и 4 – ЭМС задней подвески; 5 и 6 – рычажные стабилизаторы передней и задней подвески; 7 – точки напряжения сил

На втором этапе моделирования предложили методику имитационных опытов по критерию изменения угла крена 3D-модели груженого фургона ГАЗель NEXT в зависимости от условий криволинейного движения с рычажными стабилизаторами без ЭМС, а потом с дополнительным включением ЭМС в составе РЭМСПС на повороте (рис. 3). Для этого в динамической модели радиус поворота дороги поочередно устанавливался со значениями: 35, 40, 50, 60, 70 м, а также скорости движения фургона: 20, 30, 40 и 50 км/ч (рис. 4).

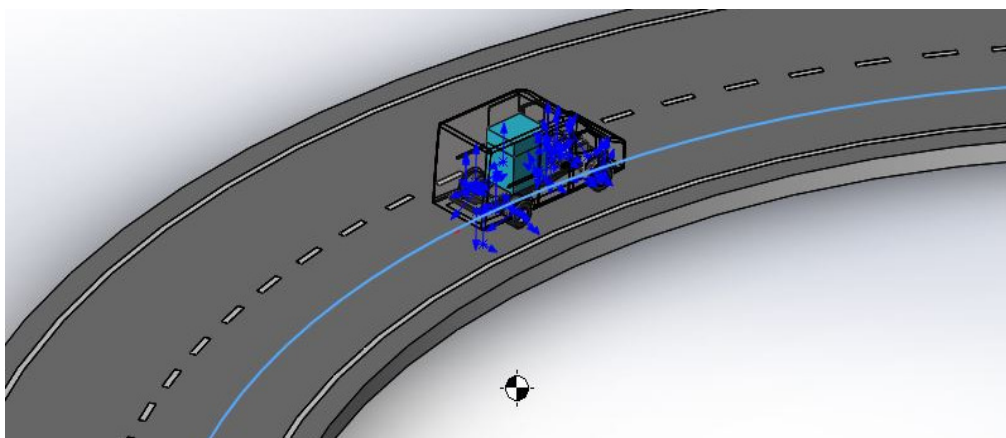


Рис. 3. Схема движение фургона ГАЗель NEXT при повороте

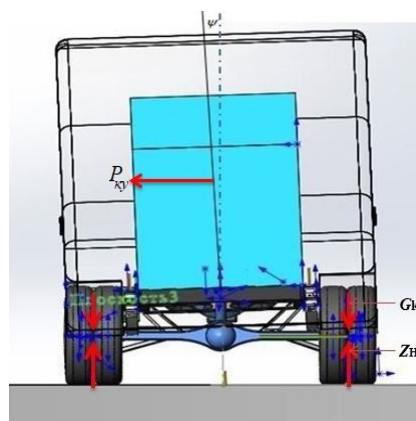


Рис. 4. Схема движение фургона ГАЗель NEXT при повороте с рычажным стабилизатором: ψ – угол крена кузова; G_k – сила тяжести фургона; Z_H – нормальные реакции; $P_{кy}$ – поперечная сила

На третьем этапе методики определялись углы крена фургона ГАЗель NEXT при движении на повороте с использованием системы рычажно-электромагнитной стабилизации (рис. 5).

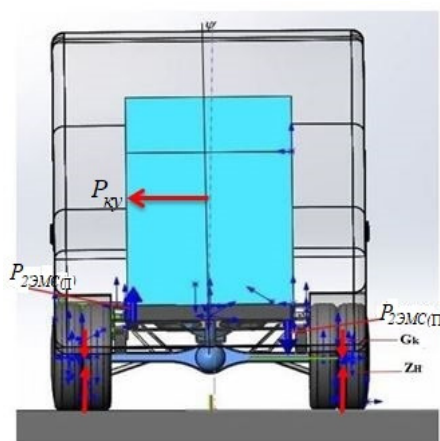


Рис. 5. Схема движение фургона ГАЗель NEXT в повороте с использованием системы рычажно-электромагнитной стабилизации ЭМС: ψ – угол крена кузова; G_k – сила тяжести фургона; Z_H – нормальные реакции; $P_{кy}$ – поперечная сила; $P_{2ЭМС(П)}$ и $P_{2ЭМС(Л)}$ – подъемные усилия правых и левых ЭМС

На четвертом этапе методики определялась поперечная устойчивость фургона ГАЗель NEXT с рычажным стабилизатором в зависимости от режимов криволинейного движения при скоростном маневрировании (рис 6). Скорость движения автомобиля устанавливали 50, 60, 70, 80 км/ч, а скорость поворота управляемых колес 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 рад/с.

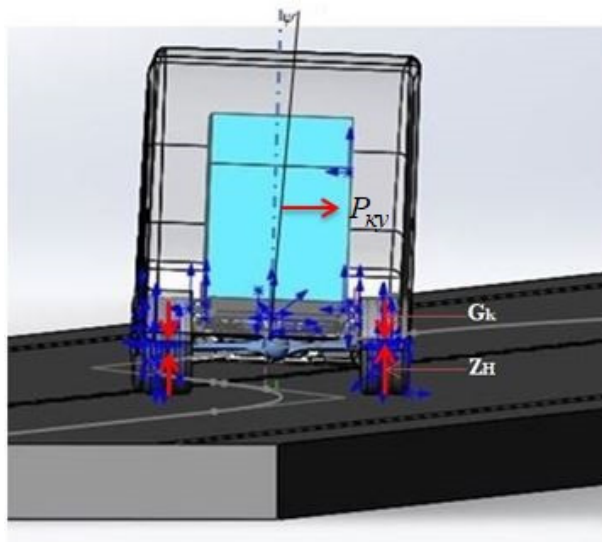


Рис. 6. Схема движение фургона ГАЗель NEXT при маневрировании с рычажным стабилизатором: ψ – угол крена кузова; G_k – сила тяжести фургона; Z_H – нормальные реакции; $P_{кy}$ – поперечная сила

На последнем этапе методики моделирования определялись углы крена фургона ГАЗель NEXT при маневрировании с использованием системы рычажно-электромагнитной стабилизации ЭМС (рис. 7).

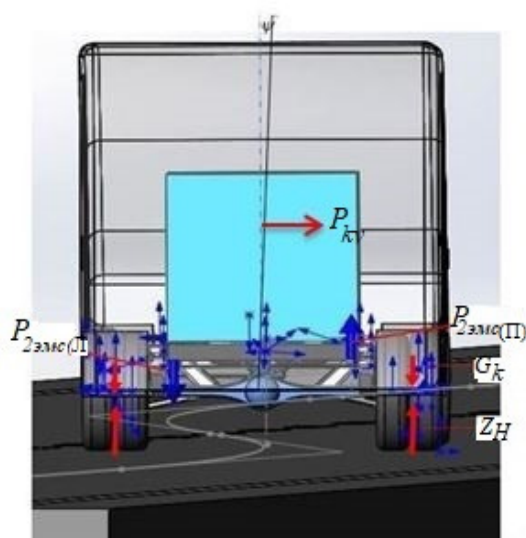


Рис. 7. Схема движение фургона ГАЗель NEXT при маневрировании с использованием системы рычажно-электромагнитной стабилизации ЭМС: $P_{2эмс(л)}$ – подъемные усилия левого и правого электромагнитного стабилизатора; G_k – сила тяжести фургона; Z_H – нормальные реакции; ψ – угол крена кузова

Заключение

В результате разработали и реализовали методику экспериментальных исследований криволинейного движения фургона методом имитационного моделирования в модуле SolidWorks Motion для исследования угла крена кузова на примере грузового фургона «ГАЗель NEXT» с оборудованием дополнительными электромагнитными стабилизаторами и без них на различных режимах движения при маневрировании и на повороте. В результате экспериментально исследования выявили снижение углов крена на 3,3 град по варианту с применением ЭМС в составе РЭМСПС и соответственно эффективность применения РЭМСПС в виде повышения поперечной устойчивости фургона по углу крена

Список литературы

[1] Тинт Наинг Вин, Алакин В.М. Исследование влияния крена кузова на поперечную устойчивость грузового фургона на повороте // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева 2022. № 3. С. 106 – 113.

[2] Рязанцев В.И. Метод повышение устойчивости автомобиля // Известия высших учебных заведений, машиностроение. 2013. № 9. С. 49-55.

[3] Тинт Наинг Вин, Алакин В.М. Разработка методики обоснования конструкции и рабочих параметров рычажно–электромагнитной системы стабилизации поперечной устойчивости грузовых фургонов // Научно-технический вестник Брянского государственного университета Брянск: РИСО БГУ. 2022. № 2. С 141-14.

[4] Тинт Наинг Вин, Сидоров В.Н. Исследование конструкции и принципов работы стабилизатор поперечной устойчивости // Научные технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в ВУЗе: Материалы Региональной научно-технической конференции. Калуга: МГТУ им. Н.Э Баумана 2019. Т.2. С 226-231.

[5] Пат. 2293664 Российская федерация, МПК В60G 21/05. Стабилизатор поперечной устойчивости автомобиля / Сливинский Е.В., Некрасов АН.; заявитель и патентообладатель ЕГУ им. И. А Бунина №2005136507, заявл. 24.11.2005; опубл. 20.02.2007. бюлл. №5.

[6] Алямовский АА SolidWorks Simulation: Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 562 с.

Тинт Наинг Вин – аспирант, канд. техн. наук КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: tintnaingwin1990@gmail.com

Никитин Геннадий Сергеевич – доцент, канд. техн. наук КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: aser.port@yandex.ru

Алакин Виктор Михайлович – заместитель директора по инновациям, Канд. техн. наук КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: alakin@bmstu-kaluga.ru

ПОВЫШЕНИЕ ТЯГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕДЕЛЬНОГО ТЯГАЧА КАМАЗ 54901 ЗА СЧЕТ УСТАНОВКИ РЕДУКТОРА С ДВОЙНОЙ ГЛАВНОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ С ЧЕРВЯЧНЫМ САМОБЛОКИРУЮЩИМ ДИФФЕРЕНЦИАЛОМ

В статье обосновано применение редуктора заднего ведущего моста с двойной главной передачей и червячным самоблокирующимся дифференциалом вместо штатного редуктора для установки на магистральные седельные тягачи. Разработаны кинематические схемы редуктора и дифференциала, проведён динамический анализ собираемости узла. Прочностной расчет методом конечных элементов показал, что запас прочности деталей находится в диапазоне допустимых значений.

Ключевые слова: тяговые характеристики, главная передача, седельный тягач.

В настоящее время в Российской Федерации транспорт и доставка грузов играют ключевую роль в отраслях экономики. В соответствии с распоряжением правительства Российской Федерации «О транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом до 2035 года» необходимо повысить уровень логистических решений, а именно повысить скорости движения грузов, увеличить предсказуемость сроков доставки, надёжность транспортных связей, безопасность перевозки и сохранности груза [1].

Одним из видов доставок является доставка тяжёлых негабаритных грузов с одного предприятия на другое для следующей стадии производства. Примерами таких грузов могут служить: лопасть ветрогенератора (масса детали составляет 7 тонн) или корпус реактора АЭС с массой 340 тонн.

Для транспортировки таких грузов тяговых характеристик базовой модели седельного тягача КамАЗ 54901 может быть недостаточно, поэтому повышение данного эксплуатационного показателя представляется актуальной задачей.

На базовой модели седельного тягача КамАЗ 54901 установлен свободный конический дифференциал с передаточным отношением $i = 2,4$ [2]. Увеличение тяговых характеристик седельного тягача предлагается достичь за счет разработки червячного самоблокирующегося дифференциала с увеличенным передаточным отношением, что позволяет увеличить крутящий момент, передаваемый на ведущие колеса. Реализация принципа самоблокирования позволяет предотвратить буксование колес при различном их сцеплении с дорожным полотном.

Кинематическая схема разработанного дифференциала представлена на рис. 1.

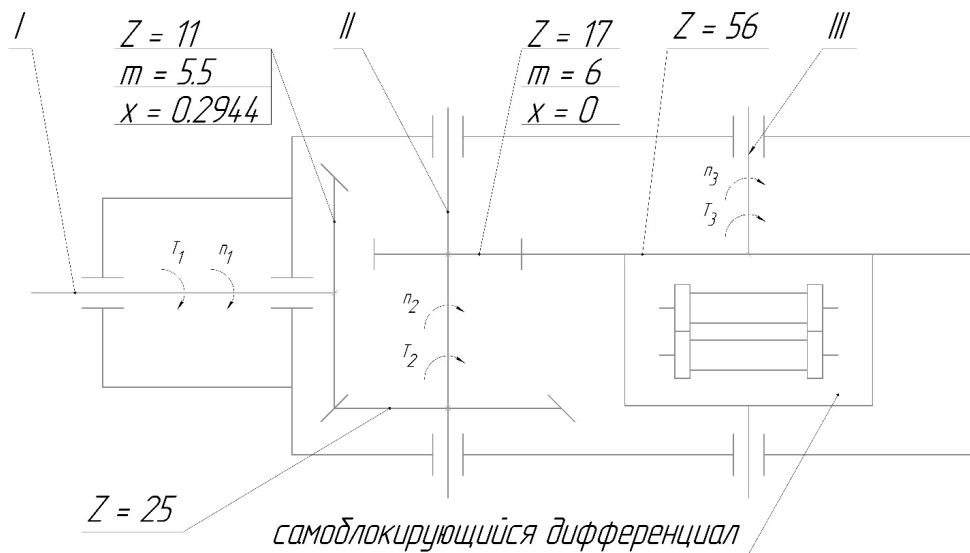


Рис. 1. Кинематическая схема дифференциала

Быстроходный вал 1 через вал-шестерню 2 приводит во вращение тихоходный вал 3, жестко соединенный с ведомым колесом, которое в свою очередь, приводит в движение сателлиты дифференциала. Передаточное число быстроходной ступени составляет $i = 2,27$. Передаточное число тихоходной ступени $i = 3,29$. Общее передаточное число дифференциала составляет 7,47. Сателлиты 2 передают крутящий момент на полуосевую червячную шестерню 1, соединению с полуосями автомобиля.

Разработанный самоблокирующийся дифференциал относится к типу «Торсен-Т1». Конструктивное исполнение дифференциала выполнено с помощью системы автоматического проектирования Компас 3Д и прикладной библиотеки «Валы и механические передачи 2Д» и пояснено на рис. 3 [3]. Дифференциал имеет три пары сателлитов, которые входят в зацепление как с червячными полуосевыми шестернями, так и в зацепление между собой (рис. 3, б). Передаточное отношение цилиндрического зубчатого зацепления между двумя сателлитами составляет $i = 1$, между полуосевой шестерней и сателлитом $i_{\text{ч}} = 3,85$ **$i_{\text{ч}} = 3.85$** .

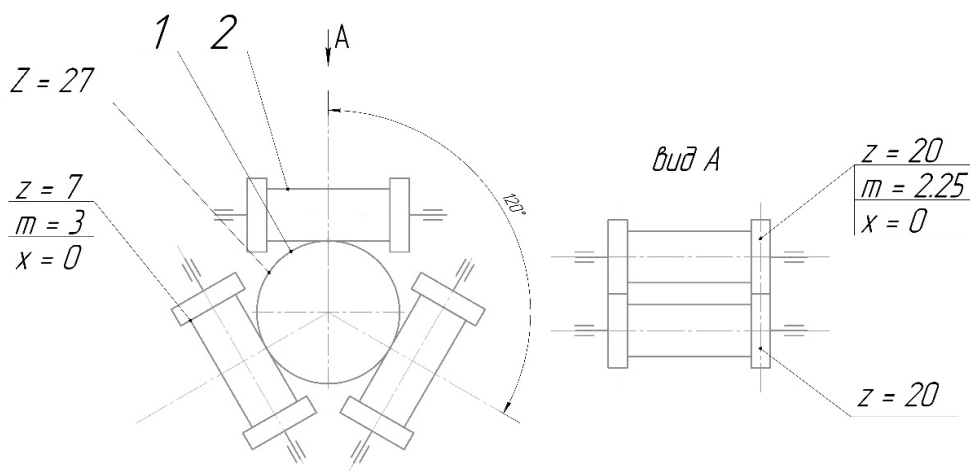


Рис. 2. Кинематическая схема зацепления сателлитов

Дифференциал состоит из 30 оригинальных деталей. Расчётный вес дифференциала составил 129 кг против 166 кг базовой модели, установленной на

КамАЗ 54901. Габаритные размеры узла составляют 668x478x478, что позволяет его установить на седельный тягач КамАЗ 54901 без его конструктивных изменений.

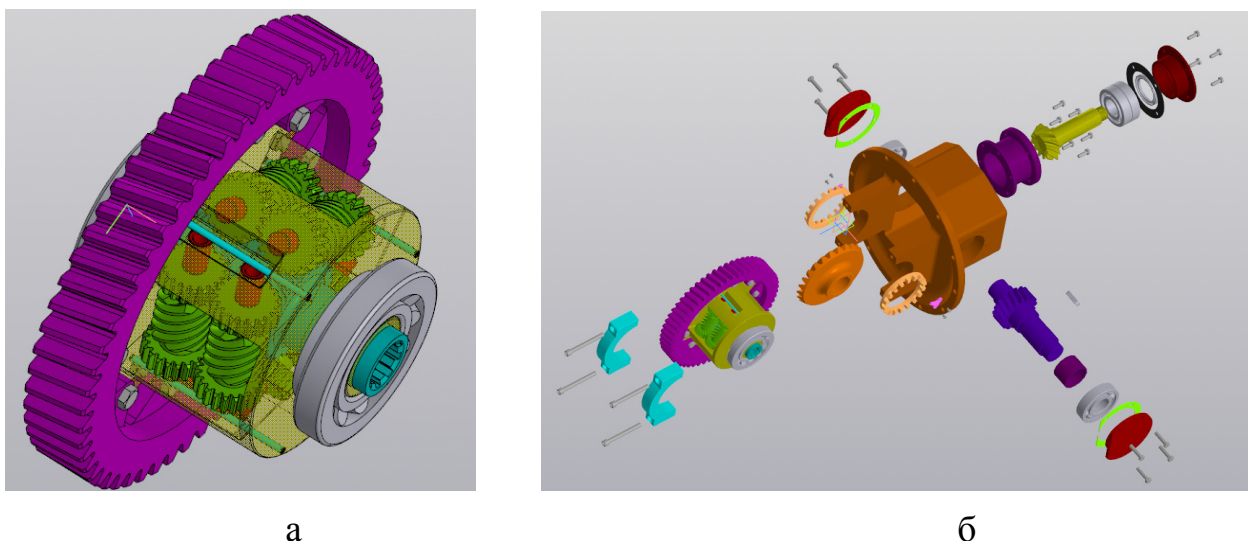


Рис. 3. 3D-модель дифференциала:
а) узел сателлитов; б) общее устройство дифференциала

Заключение

Применение разработанного дифференциала позволит увеличить тяговое усилие седельного тягача КамАЗ 54901 до 2-х раз в зависимости от условий сцепления ведущих колес тягача с дорожным покрытием. Номинальная скорость движения тягача составит 50 км/час, что не превышает максимальную скорость транспортировки негабаритных грузов в РФ, которая не должна превышать 60 км/час.

Таким образом, увеличенное передаточное число дифференциала позволяет увеличить допустимую массу перевозимых грузов на 50%, а самоблокирующийся дифференциал способствует повышению тягового усилия за счет уменьшения буксования ведущих колес.

Список литературы

[1] Распоряжение о транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 с прогнозом на период до 2035 года Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL:

<https://docs.cntd.ru/document/727294161>

[2] Руководство по эксплуатации КАМАЗ–54901. – URL: <https://www.truck-holding.ru/dopolnitelnye-materialy/KAMAZ-54901-Broshura-TruckHolding.pdf>

[3] Тимофеев, С.И. Применение автоматизированных программ в учебном процессе при подготовке выпускников аграрных вузов / С.И. Тимофеев, Ф.Л. Чубаров, М.В. Сидоров // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2020 – №1(15). – С. 105-109.

Котков Алексей Сергеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: kotkovas@student.bmstu.ru

Пономарев Алексей Иванович – им. Н.Э. Баумана E-mail: apom@bmstu.ru
КФ МГТУ

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ КАБИН ТРАКТОРОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

В статье проведен обзор современных кабин тракторов. Кабина определяет композицию и характер формообразования машины в целом. Рационально спроектированная кабина, создающая комфортные условия труда трактористу, требует значительных материальных затрат. В статье приведены некоторые требования к кабинам тракторов. Рассмотрены конструкции кабин тракторов российского и иностранного производства, а именно МТЗ 80, ВТЗ-2048А, Джон Дир-9430 и Xingtai XT-504С, их преимущества и недостатки, свойства и возможности каждой модели, отличительные особенности и материалы, из которых кабина изготовлена. Рассмотрены перспективы развития тракторостроения и некоторые новейшие разработки кабин тракторов, например, управление голосом, управление с помощью искусственного интеллекта, проекционный дисплей, изменение конструкции кабины в целом.

Ключевые слова: кабина трактора, безопасность, обзорность, эргономичность

Кабина трактора с соответствующим оборудованием должна защищать тракториста от тяжелых травм при авариях, снижать уровень шума и вибраций, иметь хорошую обзорность, удобные вход и выход, а также соответствующие антропометрическим данным тракториста размещение органов управления и посадочное место. Микроклимат в кабине должен поддерживаться независимо от изменения внешних условий. Система вентиляции должна подавать очищенный от пыли и вредных примесей воздух [1].

Кабина определяет композицию и характер формообразования машины в целом. Рационально спроектированная кабина, создающая комфортные условия труда трактористу, требует значительных материальных затрат. Достаточно отметить, что стоимость современной тракторной кабины составляет 40...50% стоимости машины в целом.

Кабина трактора МТЗ 80. Современная кабина трактора МТЗ 80 изготавливается из прочных листов стали сварочным методом. Под внутреннюю обшивку монтируют утеплитель, который одновременно обеспечивает шумоизоляцию. Крепится конструкция на четыре амортизатора, снижающих тряску и вибрацию [2].

Преимуществами конструкции считаются: обновленный внутренний дизайн; улучшенная обзорность; наличие рациональной системы отопления; удобное размещение органов управления и приборного щитка; наличие стеклоочистителей впереди и сзади; лестницы с поручнями для попадания в кабину с двух сторон.

Для оператора в кабине трактора МТЗ 80 предусмотрено мягкое сидение, снабженное подвеской торсионного типа. Есть вариации с пневмоподвеской и

гидравлическими амортизаторами. При желании жесткость амортизаторов легко отрегулировать.



Рис. 1. Кабина трактора МТЗ 80

У самого кресла имеются регулировки высоты и приближенности к рулю, а также наклона спинки. Большая поверхность остекления в кабине трактора МТЗ 82 увеличивает обзорность. Для подачи воздуха открываются окна. В некоторые модели стоит кондиционер, а на время холодов есть отопительные приспособления.

Кабина трактора ВТЗ-2048А. Одноместная двухдверная кабина современных ВТЗ соответствует сертификатам европейского качества. Усиленный каркас из гнутого металлопрофиля защитит оператора от повреждений на случай ДТП.



Рис. 2. Кабина трактора ВТЗ-2048А

Большие выпуклые окна обеспечивают отличный обзор. Сама кабина полностью герметична и защищена от проникновения пыли и грязи, уменьшает влияние вибраций и шума на оператора. Также внутри есть рычаги органов управления, система отопления и вентиляции, сиденье регулируется по весу и росту оператора [3].

Кабина трактора «Джон Дир-9430». Данная модель комплектуется современной и комфортабельной кабиной модели «Command View». Она обладает превосходной шумоизоляцией и внушительным полезным пространством. Же-

лаемый микроклимат в салоне создаёт и поддерживает современная производительная климатическая система «Clima Track». Кабина обладает максимальной площадью остекления с панорамным видом с рабочего места механизатора во круг, во все стороны. Скрывающий большой 6-ти цилиндровый двигатель капот оснащён специальным наклоном, предоставляющим хороший обзор вперёд. Обзорность сзади трактора также является безупречной, что обеспечивает лёгкое присоединение к нему любого оборудования. Зеркала – двойные, регулируемые, с электроприводом [3].



Рис. 3. Кабина трактора Джон Дир-9430

В качестве дополнительных опций, для оснащения кабины 9430-й модели производителем предлагались подогрев кресла «Active Seat», кожаная обивка салона и кожаная оплётка руля. Все органы управления мощной машиной находятся буквально на расстоянии вытянутой руки. Большой, освещённый угловой монитор (в угловой стойке) даёт возможность следить за оборотами двигателя, выбором передач, скоростью движения и другими функциями одновременно. ЖК-экран «Command Center» позволяет программировать и наблюдать за работой более чем 20-ти различных функций трактора

Кабина трактора Xingtai XT-504C. Отличительная характеристика кабин тракторов Xingtai – обзорность. Кабина и сидение водителя возвышаются над капотом так, что хорошо видно, чтобы происходит перед трактором. Ветровое и боковые стекла достаточного размера для полного обзора. Двери полностью остеклены. Кабина обеих моделей расширяется в сторону задних колес. Благодаря такому обширному остеклению и высоте кабины – обзор тракториста как бы в полный рост.

У Синтая XT-504C спидометр и другие приборы ярко светятся под рулем, как у автомобиля, датчики расположены перед глазами водителя. По ним отслеживается работа основных узлов и механизмов техники. Кнопки на этой панели расположены удачно относительно руля [4].



Рис. 4. Кабина трактора Xingtai XT-504C

В жару кабина прогревается до 50-60 градусов. У Синтая XT-504C нормальный приточный кондиционер расположен под потолком, так что тяжелый холодный воздух будет опускаться и охлаждать весь объем кабины. Для очистки воздуха, поступающего внутрь салона, применена современная многоступенчатая система фильтрации. Во время работ в осенне-зимний период работает мощная печка, подключенная к системе охлаждения двигателя трактора. Печка имеет несколько режимов работы, что позволяет установить нужную температуру вне зависимости от погоды за бортом. Так же она предотвращает запотевания стекол во время осадков в виде дождя и снега. В теплое время года печку можно отключить от системы охлаждения при помощи специального крана.

Внутри салон обшит слоем шумо- и теплоизоляции. На полу размещаются резиновые коврики, не позволяющие ногам скользить. Материалы выбираются экологически безопасные, надежные, не ухудшающие самочувствие механизатора. По цветовой палитре выбирают нейтральные тона для того, чтобы не отвлекать тракториста во время работы и не раздражать зрение.

Тракторостроение активно развивается. Это касается и усовершенствования кабин тракторов. Сейчас разрабатываются новые конструкции, которые будут обладать повышенной комфортностью и эргономичностью. Ведутся работы по созданию искусственного интеллекта управления кабиной. Например, автоматическое включение освещения при ухудшении видимости, подключение системы управления трактором к спутниковой системе. У иностранных компаний есть разработка кабины в форме капсулы, а управление машиной осуществляется, преимущественно, при помощи голосовых команд, а вся необходимая информация отображается на стекле кабины при помощи проекционного дисплея [5].

Заключение

Кабины современных тракторов имеют хорошую обзорность, систему климат-контроля, хорошую шумоизоляцию, повышенную комфортность и

безопасность, хорошую эргономичность и освещаемость, но все это усовершенствуется со временем для улучшения условий работы тракториста. Комфортная кабина должна обеспечивать трактористу удобное положение и рациональное размещение органов управления трактором, контрольно-измерительных приборов и оборудования, обеспечивающего соблюдение санитарно-гигиенических требований.

Список литературы

[1] Ксеневич И.П., Шарипов В.М., ред. Тракторы. Конструкция. Москва, МГТУ "МАМИ", 2001, 821 с.

[2] Обзор кабины МТЗ-80, 82 – советы по выбору. URL: https://mtzrostov.ru/blog/obzor-kabiny-mtz-80-82-foto-opisanie/?sa=X&ved=2ahUKEwiEnK_GxY_nAhVKzRoKHaq9BUUsQqa4BMA56B-AgJEAI (дата обращения: 10.04.2023)

[3] Джон Дир-9430: Технические характеристики. URL: <https://tractorreview.ru/traktory/john-deere/john-deere-9430-tehnicheskie-harakteristiki.html> (дата обращения 10.04.2023)

[4] Как тракторы Xingtai выглядят изнутри. URL: <https://garden-shop.ru/kabiny-traktorov-xingtai-vid-iznutri.html> (дата обращения 10.04.2023)

[5] Концепции сельскохозяйственных тракторов будущего. URL: <https://rynok-apk.ru/web-magazine-apk/tehnika-theme/kontseptsii-traktorov-budushchego.pub> (дата обращения 10.04.2023)

Фадеева Милена Эдуардовна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: stepanovamea@student.bmstu.ru

Голубина Светлана Александровна – КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: golubinas@bmstu.ru

РАСЧЕТ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ТРАНСПОРТЕРНО-ЛЕНТОЧНЫМИ ДВИЖИТЕЛЯМИ

Предложена методика компоновки транспортных средств с использованием специальных движителей транспортерно-ленточного типа В качестве примера выполнен расчёт транспортного средства со специальными движителями транспортерно-ленточного типа с учетом требований по обеспечению проходимости, грузоподъемности и скорости.

Предложена компоновка транспортного средства с транспортерно-ленточными движителями путем совмещения размеров несущей системы транспортного средства с размещением кабины, груза, узлов и агрегатов равномерно по всей длине транспортного средства симметрично по длине для обеспечения равномерного давления несущей системы на опорную поверхность.

Целью работы является расчет компоновки транспортного средства (ТС) с использованием специальных движителей транспортерно-ленточного типа (Т-ЛД).

Ключевые слова: транспортное средство, специальные движители, транспортерно-ленточный движитель

Для перемещения транспортных средств в условиях бездорожья применяют транспортные средства (ТС) со специальными движителями (СД) транспортерно-ленточного типа (Т-ЛД) [1]. Транспортерно-ленточные движители (Т-ЛД) разделяются на цельно-транспортерные (резинометаллические) и комбинированные, состоящие из транспортерных движителей по правой и левой сторонам с дополнительно установленными башмаками или грунтозацепами, позволяющие в т. ч. расширить опорную поверхность транспортных движителей и снизить удельное давление. Также используются транспортерно-ленточные движители баллонного типа, у которых к транспортерной ленте крепят поперечные пневмо-баллоны, которые позволяют повысить касательное сцепление с опорной поверхностью для устойчивого перемещения и обеспечить подъемное усилие для плавающих вариантов ТС на Т-ЛД.

Для перемещения транспортного средства (ТС) с использованием специальных движителей транспортерно-ленточного типа (Т-ЛД) по твердой дорожной поверхности применяют комбинированный вариант компоновки с опорными колесами [1, 2]. Проектирование транспортного средства с использованием специальных движителей транспортерно-ленточного типа (Т-ЛД) с дополнительным колесным ходом выполняем с учетом требований к нему по обеспечению проходимости, грузоподъемности и скорости [2]. Проектирование Т-ЛД начинаем с компоновки ТС таким образом, чтобы масса ТС была равномерно распределена по опорной поверхности. Для этого выполняем компоновку ТС с размещением груза, кабины, узлов и агрегатов равномерно по всей длине ТС (см. рис. 1).

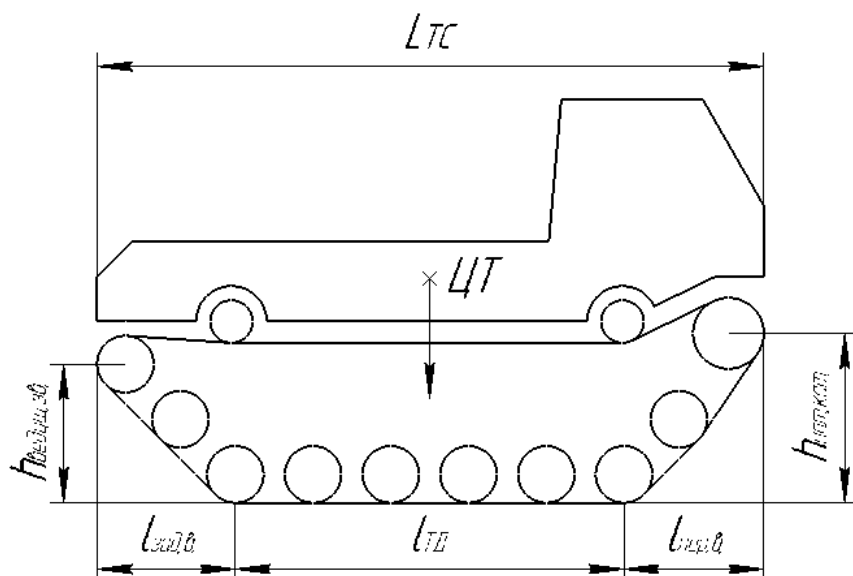


Рис. 1. Компоновка ТС с размещением груза, кабины, узлов и агрегатов равномерно по всей длине ТС

Выполним расчет транспортного средства с использованием специальных движителей транспортерно-ленточного типа (Т-ЛД), используя следующие исходные данные: полная масса ТС $M_{ТС} = 8000$ кг, допустимое удельное давление на опорную поверхность $P_{уд} = 0,5$ МПа.

Определяем площадь опорной поверхности с учетом несущей способности поверхности:

$$\Sigma S_{Т-ЛД} = \frac{G_{полн}}{P_{уд}} = \frac{8000 \cdot 9,81}{50000} = 1,57 \text{ м}^2,$$

где $P_{уд}$ - удельного давления транспортного движителя (ТД) на опорную поверхность.

Определяем длину опорной поверхности:

$$l_{Т-ЛД} = \frac{\Sigma S_{Т-ЛД}}{2 \cdot b_{Т-ЛД}} = \frac{1,57}{2 \cdot 0,6} = 1,31 \text{ м},$$

где $b_{Т-ЛД}$ – ширина Т-ЛД.

На следующем этапе определяем длину Т-ЛД $l_{пр.Т-ЛД}$:

$$l_{пр.Т-ЛД} = l_{Т-ЛД} + l_{пер.в.} + l_{зад.в.} = 1,31 + 0,50 + 0,55 = 2,36 \text{ м}.$$

Для определения значения длины наклонных переднего въезда $l_{пер.в.}$ и заднего выезда $l_{зад.в.}$ необходимо построить схему наклона въезда и выезда ТС на Т-ЛД следующим образом (см. рис. 2). В масштабе вычерчиваем опорный каток. Относительно горизонтали проводим угол 45° из центра катка, и на линии вычерчиваем диаметр наклонного катка и далее на этой линии вычерчиваем диаметр направляющего катка (ведущей звездочки) таким образом, чтобы касательная к опорному катку была касательной к нижней части наклонного катка

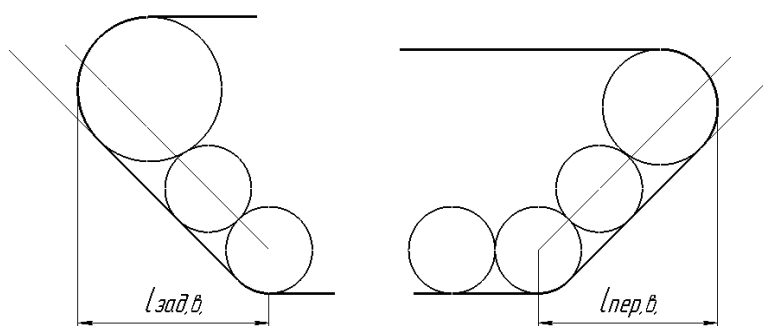


Рис. 2. Схема наклона въезда и выезда ТС на Т-ЛД

Значения длин наклонных переднего въезда $l_{\text{пер.в}}$ и заднего выезда $l_{\text{зад.в}}$ определяем по формулам:

$$h_{\text{въезд}} = \frac{d_{\text{н.к}}}{2} + \frac{d_{\text{оп.к}}}{2} + \frac{d_{\text{оп.к}}}{2} = \frac{0,4}{2} + \frac{0,3}{2} + \frac{0,3}{2} = 0,50 \text{ м}$$

$$h_{\text{выезд}} = \frac{d_{\text{в.з}}}{2} + \frac{d_{\text{оп.к}}}{2} + \frac{d_{\text{оп.к}}}{2} = \frac{0,5}{2} + \frac{0,3}{2} + \frac{0,3}{2} = 0,55 \text{ м}$$

Диаметр направляющего катка обычно принимают $d_{\text{н.к}}=0,4$ м, ведущей звездочки $d_{\text{в.з}}=0,5$ м, диаметры опорных катков $d_{\text{оп.к}}=0,3$ м.

Особенностью эксплуатации Т-ЛД в условиях пониженной проходимости является переменная концентрация силы тяжести ТС на опорную поверхность Т-ЛД, в результате криволинейного профиля опорной поверхности и неравномерной усадки ее под Т-ЛД происходит неравномерное сцепление с опорной поверхностью, которая приводит к снижению тяговых характеристик Т-ЛД [2]. Второй особенностью эксплуатации Т-ЛД по криволинейному профилю опорной поверхности является повышение виброударных нагрузок на конструкцию ТС и водителя. Для решения этой проблемы на этапе компоновки Т-ЛД ведущая звездочка и натяжной каток расположены на высоте h относительно поверхности почвы для преодоления выезда на препятствия, сжатие снега или топкого грунта, а также для снижения ударных нагрузок при скоростном движении по криволинейной поверхности [2]. Вертикальный ход опорных катков обеспечивает снижение ударных нагрузок и колебаний на ТС от профиля опорной поверхности, а также позволяет контролировать опорную поверхность для равномерного распределения тяжести ТС.

Для обеспечения хорошего копирования рельефа опорной поверхности Т-ЛД опираются на систему катков с рычажной подвеской. Вертикальный ход катков находится в пределах от 150...250 мм. В качестве упругого элемента, который воспринимает ударную нагрузку, компенсирует сжатием или кручением предельное значение силы тяжести ТС в распределенном виде и обеспечивает возврат геометрии Т-ЛД в исходное положение. В качестве упругих элементов применяются пружины, пневмо-баллоны и торсионные упругие элементы. Наибольшее распространение получили торсионные варианты – как более простые и прочные. Вариант торсионной подвески для ТС с Т-ЛД имеет преимущества применения, учитывая незначительную скорость ТС до 40 км/ч, значительную площадь опорной поверхности, которая требует установки от 8 до 14 катков, с одной стороны.

Конструкция торсионной подвески имеет двух рычажную схему, которая связана одним торсионом. Размер рычага подвески опорных катков l_P находится в пределах от 0,4 до 0,6 м, длина торсиона $l_T = 0,8...2,2$ м. Диаметры опорных катков $D_K = 0,3...0,5$ м. При этом используются катки двух рядные на совмещенной ступице для ТС полной массы более 6т. Конструкция торсионной подвески рычагов позволяет устанавливать катки с перекрытием в отличие от подвески на пружинах и пневмобаллонах (см. рис. 3).

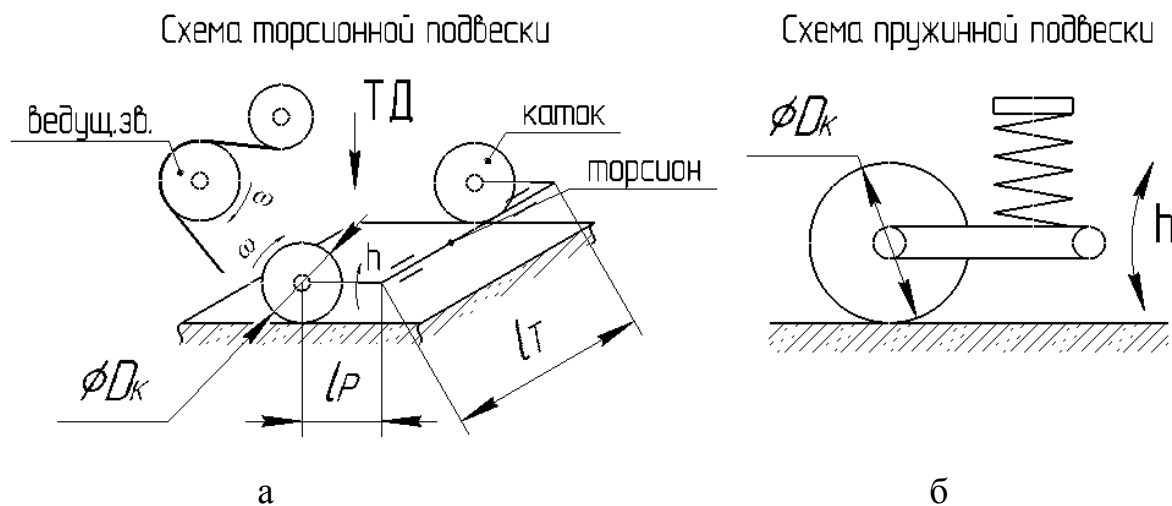


Рис. 3. Конструкция торсионной подвески (а) и подвески на пружинах (б)

По результатам определения длины опорной поверхности Т-ЛД с каждой стороны рассчитываем количество устанавливаемых катков, так для ТС полной массой более 6т, в случае применения двухдисковых катков:

$$n_K = \frac{l_{ТД}}{D_K} = \frac{1,31}{0,3} = 4,37 \text{ ед.}$$

Принимаем 4 катка с каждой стороны.

Для ТС с Т-ЛД полной массой от 6т до 12 применяют механическую или гидравлическую трансмиссию [3]. Кинематическая схема ТС с Т-ЛД (см. рис. 4) имеет усложненную конструкцию ведущего моста за счет установки с левой и правой стороны муфт гидравлической или механической для отключения левой или правой передачи, а также для установки тормозного механизма для остановки левого или правого Т-ЛД. Разность угловых скоростей левой и правой стороны компенсирует дифференциал. Так при отключении одной из муфт ТС на Т-ЛД, совершает медленный поворот, а при затормаживании ленточным тормозом муфт, совершает поворот на месте.

Для проектирования кинематики учитываем динамические режимы перемещения ТС с Т-ЛД с низкими скоростными характеристиками от 0 до 40 км/ч, а также маневренность при движении ТС на скорости от 20 до 40 км/ч в условиях бездорожья, а также учитываем значительные перегрузки на элементы кинематической передачи. Поэтому ТС с Т-ЛД проектируем на основе гидравлической трансмиссии, которые по КПД значительно ниже механической, но по металлоемкости, надежности и преодолению перегрузок лучше, чем механические [4].

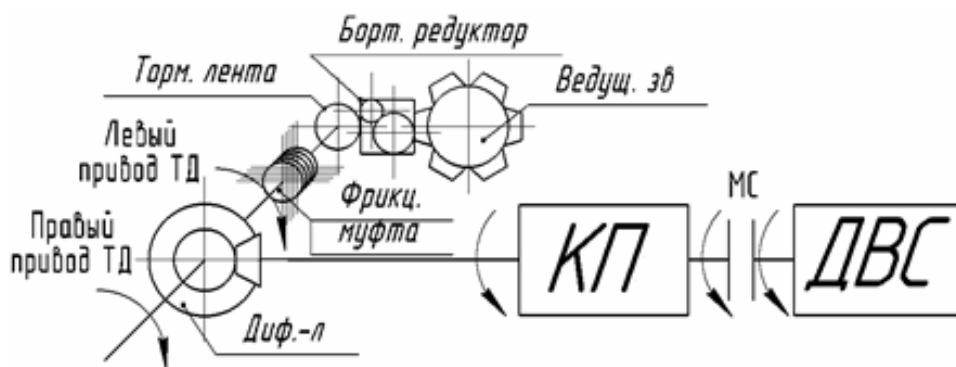


Рис. 4. Кинематическая схема ТС с Т-ЛД

Заключение

Предложенная методика позволяет провести необходимую компоновку транспортного средства со специальными движителями транспортерно-ленточного типа с учетом равномерного размещения груза, кабины, узлов и агрегатов симметрично по всей длине для обеспечения равномерного давления несущей системы на опорную поверхность с учетом требований по обеспечению проходимости, грузоподъемности и заданной скорости.

Список литературы

- [1] Котович С.В. Движители специальных транспортных средств: в 2 частях. Ч.1: учебное пособие / С.В. Котович. – М.: МАДИ (ГТУ), 2008. – 161 с.
- [2] Котович С.В. Движители специальных транспортных средств: в 3 частях. Ч.2: учебное пособие / С.В. Котович. – М.: МАДИ, 2021. – 184 с.
- [3] Петренко С.М. Основы проектирования объемных гидроприводов горных машин: учебно-методическое пособие к практическим занятиям по дисциплине «Гидромеханический привод горных машин» для студентов специальности 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование» заочной формы обучения / С.М. Петренко. – Минск: БНТУ, 2003. – 97 с.
- [4] Ковалевский В.Ф. Справочник по гидроприводам горных машин / В.Ф. Ковалевский, Н.Т. Железняков, Ю.И. Бейлин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1973. – 502 с.

Чудаков Дмитрий Алексеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: chudakovda@student.bmstu.ru

Фадеева Милена Эдуардовна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: stepanovamea@student.bmstu.ru

Сидоров Максим Владимирович – КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: sidorov.maxim.v@bmstu.ru

Т.Д. Дмитриева

ПОВЫШЕНИЕ МАНЕВРЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОЛЕСНЫХ МОДУЛЕЙ

Статья посвящена повышению манёвренности и управляемости энергетических колесных модулей за счет системы доворота на задней оси спаренных колес.

Ключевые слова: энергетический колесный модуль, технологическая машина, стабильность траектории движения, радиус поворота

Производительность технологических машин, в том числе и сельскохозяйственного назначения, обусловлена применяемыми технологиями и средствами их реализации. Обязательными агротехническими требованиями большинства технологических процессов является соблюдение точности хода с минимальными отклонениями агрегируемых машин, которое может колебаться в пределах нескольких сантиметров [1]. Кроме того, для увеличения доли возделываемой площади в соотношении с общей площадью поля, необходимо уменьшать размеры поворотных полос. Соблюдение заданной траектории движения технологических машин в большинстве случаев обеспечивает энергетический колесный модуль (колесный трактор), маневренность которого и поддержание направления движения реализуется системой рулевого управления. А размеры поворотной полосы зависят от радиуса поворота колесного модуля. Для уменьшения радиуса поворота колесного модуля предлагается устройство доворота на задней оси спаренных колес.

Принцип работы устройства систем доворота на задней оси спаренных колес заключается в повороте колес на заданный угол с помощью гидравлической системы цилиндров и магистралей, которые взаимосвязаны с передней рулевой системой автомобиля. Система управления задней осью состоит из главного цилиндра, центрирующего цилиндра и гидроаккумулятора. Центрирующий цилиндр расположен на задней управляемой оси и связан с поворотным рычагом задней оси.

При повороте колес переднего моста на $\pm 4^\circ$ от нейтрального положения обе полости главного цилиндра соединены друг с другом. При повороте колес на угол, превышающий 4° , главный цилиндр начинает управлять центрирующим цилиндром.

Центрирующий цилиндр представляет собой в сборе несколько полостей, которые отделены подвижными герметизирующими сальниками, позволяющими создавать давление, перемещающее толкатели в продольном направлении, тем самым перемещая ось центрирующего цилиндра. Она же заставляет двигать рулевую сошку заднего поворотного кулака правого внутреннего колеса. По системе рулевых тяг соответственно происходит угловое перемещение левого поворотного кулака.

Рассчитаем минимальный радиус разворота трактора тягового класса 1,4.

Рассмотрим кинематику поворота машины при движении с малой скоростью на примере наиболее распространенного способа поворота для колесных тракторов (рис. 1) [2].

Точка O_1 представляет собой центр вращения, называемый полюсом поворота В общем случае эта точка имеет текущие координаты.

Расстояние от полюса поворота O_1 до оси заднего моста машины принято называть радиусом поворота R_{Π} .

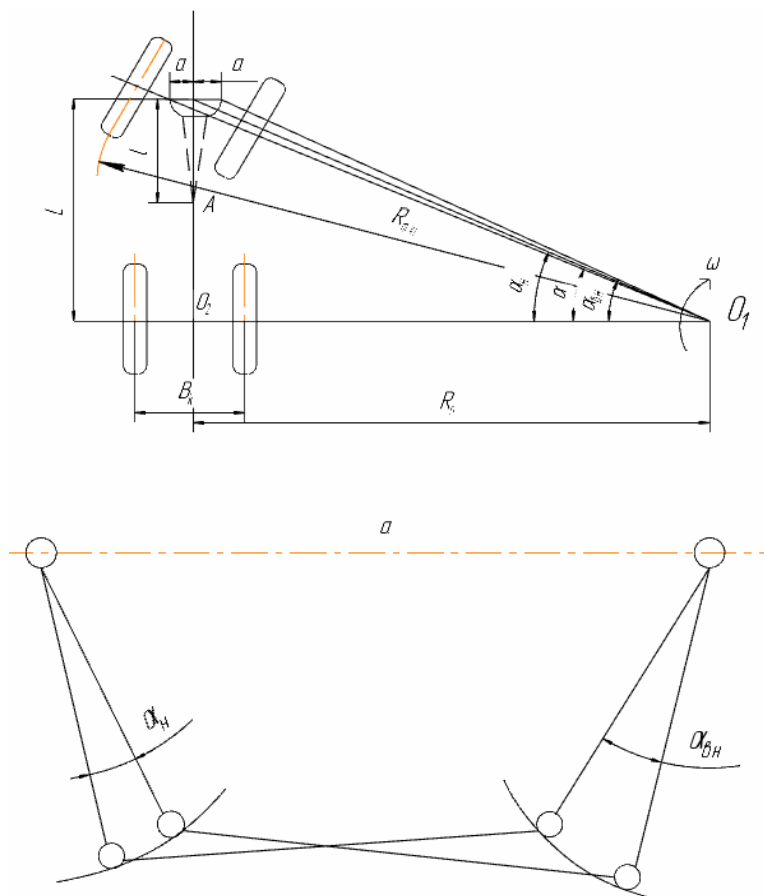


Рис. 1. Кинематика поворота машины:

а – схема поворота при качении без бокового увода; б – схема работы трапеции

Из анализа рисунка 1 определили, что R_{Π} можно определить из схемы поворота трактора по формуле:

$$R_{\Pi} = L \cdot ctg\alpha, \quad (1)$$

где L - база трактора по техническим характеристикам, мм; α - максимальный угол отклонения колес при повороте от прямолинейного движения для конструкции изучаемого трактора, град.

$$R_{\Pi} = 2450 \cdot ctg40^{\circ} = 2195 \text{ мм}$$

Известно, что при постоянном установившемся радиусе поворота R_{Π} положение полюса не изменяется. Чтобы все колеса вращались без бокового скольжения и без боковых деформаций шин, полюс поворота в любой момент (на входе и выходе из поворота) должен лежать на пересечении осей всех колес трактора

Это означает, что по сравнению с нейтральным положением управляемые колеса изучаемого трактора должны быть отклонены на разный угол. Угол отклонения у проектируемого автомобиля из конструктивных соображений принят $\alpha = 9^\circ$.

Для нахождения минимального радиуса разворота (рис. 2) R_{\min} необходимо найти проекцию $R_{\min x}$ относительно оси поворота правого колеса:

$$R_{\min x} = R_n - \frac{l_n}{2}, \quad (2)$$

где l_n – передняя колея проектируемого трактора

$$R_{\min x} = 2195 - \frac{1350}{2} = 1520 \text{ мм}$$

Найдем минимальный радиус разворота R_{\min} R_{\min} по формуле

$$R_{\min} = R_{\min x} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 1520 \cdot \operatorname{tg}(40 + 9)^\circ = 1750 \text{ мм}. \quad (3)$$

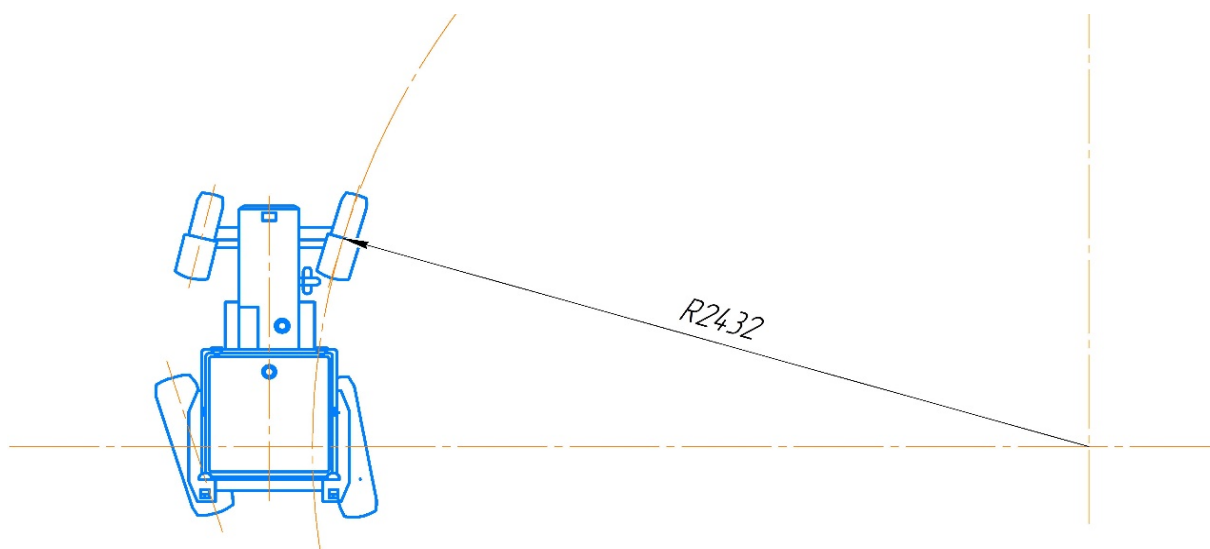


Рис. 2. Движение проектируемого автомобиля по минимальному радиусу разворота с поворотом передних колес

При использовании системы доворота на задней оси спаренных колес на угол 9° , который был принят исходя из технологической конструкции, минимальный радиус поворота трактора значительно снизится.

При помощи геометрического решения было получено, что при довороте задних колес на рассчитанный угол минимальный радиус поворота автомобиля уменьшится до 1750 мм (рис. 3).

В результате уменьшения значения среднего угла поворота колес уменьшится значение номинального радиуса поворота трактора, что является причиной увеличения управляемости и маневренности движения колесного универсально-пропашного трактора

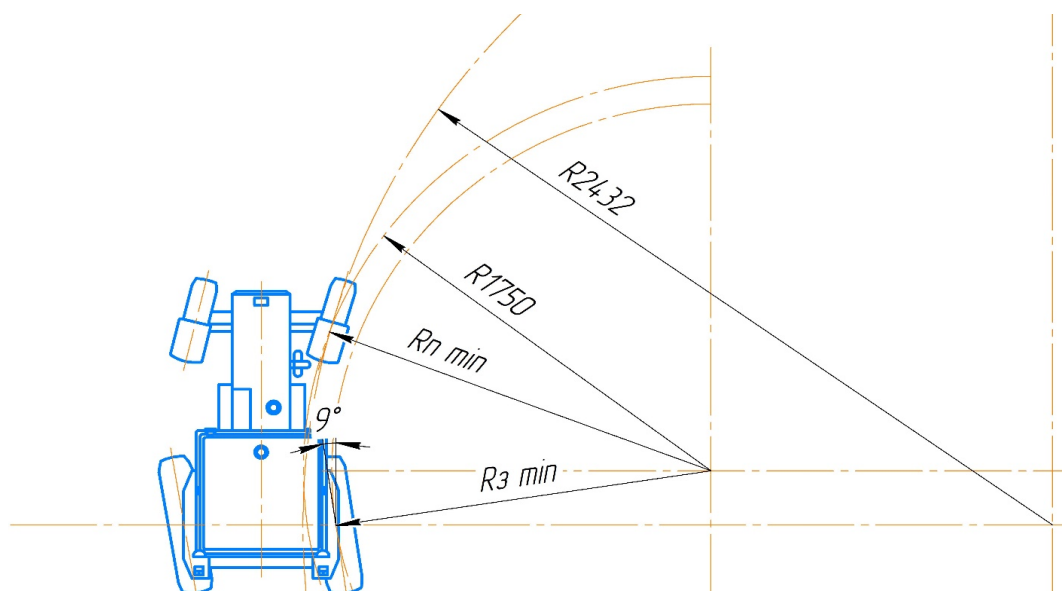


Рис. 3. Движение проектируемого автомобиля по минимальному радиусу разворота с системой поворота

Заключение

При использовании системы доворота на задней оси спаренных колес минимальный радиус разворота может быть уменьшен с 2195 мм до 1750 мм, что позволит увеличить маневренность трактора при выполнении полевых работ.

Для управления задними колесами предлагается экспериментировать с длиной рычагов подвески при помощи специальных механизмов с электроприводами. Это является хорошей отправной точкой для дальнейших исследований в области точного позиционирования объекта в пространстве, а также усовершенствование механических систем, обеспечивающих необходимые траектории движения колесных машин.

Список литературы

[1] Корнилов И.Н. Тестирование навигационной аппаратуры потребителя GPS/ГЛОНАСС. Екатеринбург, УрФУ, 2016, 48 с.

[2] Жилейкин М.М. Теоретические основы повышения показателей устойчивости и управляемости колесных машин на базе методов нечеткой логики. Москва, МГТУ им. Баумана, 2016, 238 с.

[3] Поливаев О.И., Костиков О.М., Ворохобин АВ., Ведринский О.С. Конструкция тракторов и автомобилей. Санкт-Петербург, Лань, 2021, 288 с.

Дмитриева Татьяна Дмитриевна – студентка КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: dtd18km050@student.bmstu.ru

Плахов Сергей Александрович – КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: sa.plahov@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ КОМПАС-3D ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Рассматривается возможность применения программы КОМПАС-3D для решения задач по курсу «Сопроотивление материалов». Приведен пример нахождения момента инерции сечения. Полученные результаты подтверждены расчетами по классической методике.

Ключевые слова: момент инерции, эскиз, центр тяжести, сопротивление материалов

Программа КОМПАС-3D широко используется для проектирования изделий основного и вспомогательного в разных отраслях промышленности, построения 3D моделей конструкций, оформления чертежей, создания спецификаций, а встроенное приложение АРМ FEM позволяет осуществлять прочностной конечно – элементный анализ [1, 2].

Рассмотрим возможность применения программы Компас-3D для решения задач, изучаемых в курсе «Сопроотивление материалов».

Исследуем твердое тело, имеющее профиль (см. рис. 1). Найдем его центр тяжести и момент инерции.

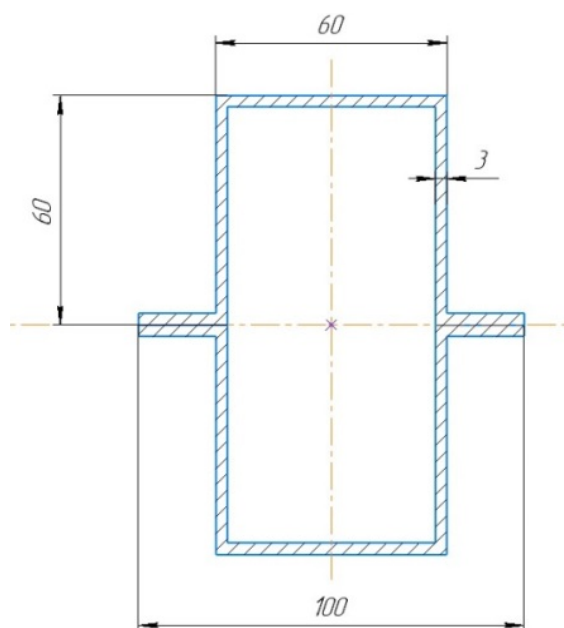


Рис. 1. Профиль твердого тела

Сначала строится эскиз с соблюдением всех размеров реального тела, затем в разделе «Диагностика», который находится на панели быстрого доступа в верхней части экрана и выбирается команда «Расчет МЦХ плоских фигур».

После выбора данной команды система выбирается система координат, относительно которой будет происходить весь дальнейший расчет. Укажем начало отсчета в точке пересечения штрихпунктирных линий.

Дальше необходимо задать границы фигуры. Они задаются указателем замкнутых линий, для каждой линии требуется также определить, ограничивает ли она тело или отверстие в нем. Границы можно также задать в ходе выполнения команды. Фигура может быть целой или состоять из отдельных частей. В нашем примере фигура будет иметь отверстие, а границы будут заштрихованы (см. рис. 2).

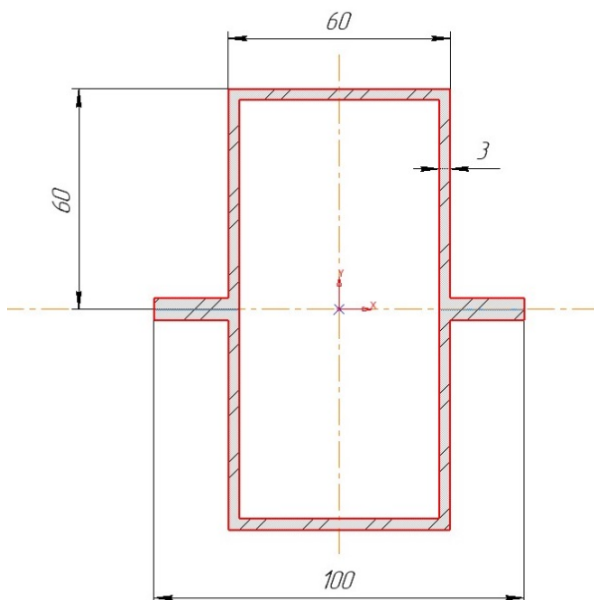


Рис. 2. Границы фигуры

После обозначения границ твердого тела система автоматически выдаст всю необходимую информацию о плоской фигуре, которая будет включать в себе следующие данные (рис. 3).

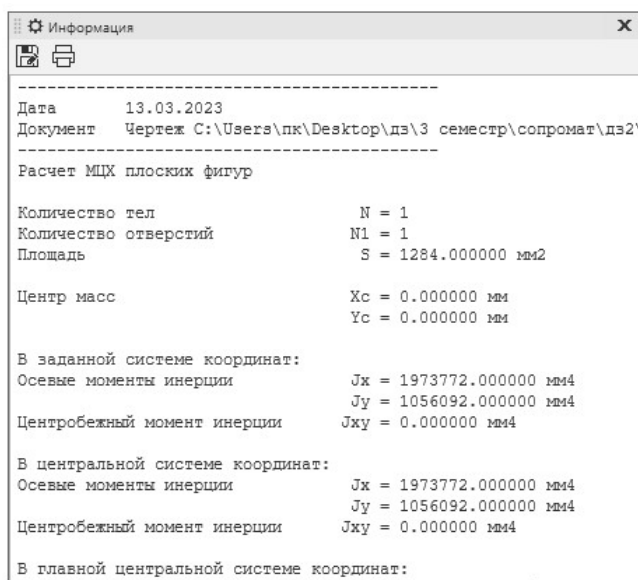


Рис. 3. Информация о модели

А теперь вычислим момент инерции профиля вокруг оси OX самостоятельно по классической методике. Сначала разделим профиль на 10 простых фигур, найдем центр тяжести (рис. 4).

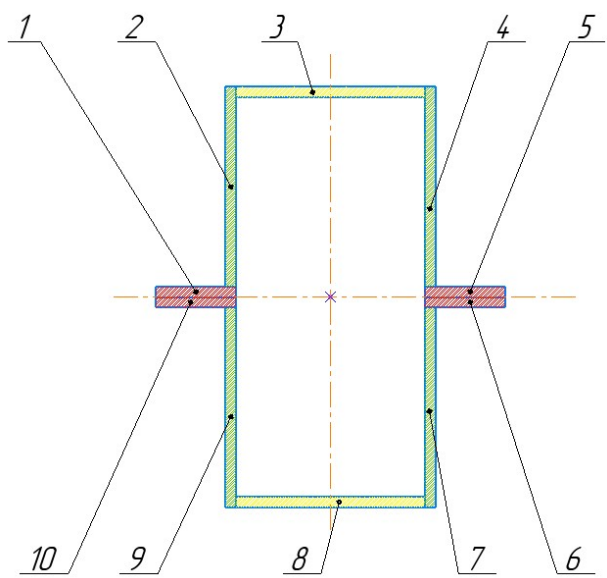


Рис. 4. Разделение профиля на простые фигуры

Далее, проведем базовую горизонтальную ось Ox (рис. 5), относительно которой будем находить центр масс профиля фигуры.

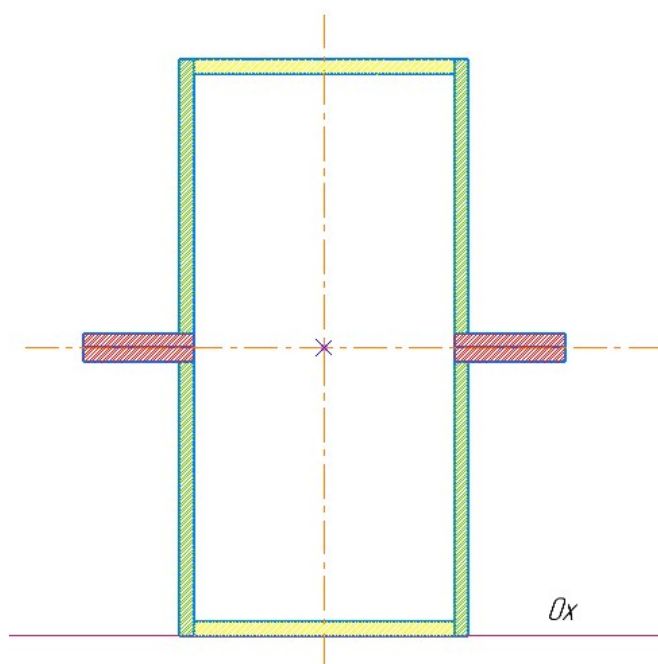


Рис. 5. Размещение базовой оси

$$y_c = \frac{\sum A_i \cdot y_{ci}}{\sum A_i}, \quad (1)$$

где A_i - площадь простой фигуры; y_{ci} - центр тяжести простой фигуры; y_c - центр тяжести профиля.

Подставив в (1) данные, получим, что $y_c = 60$ мм (рис.6).

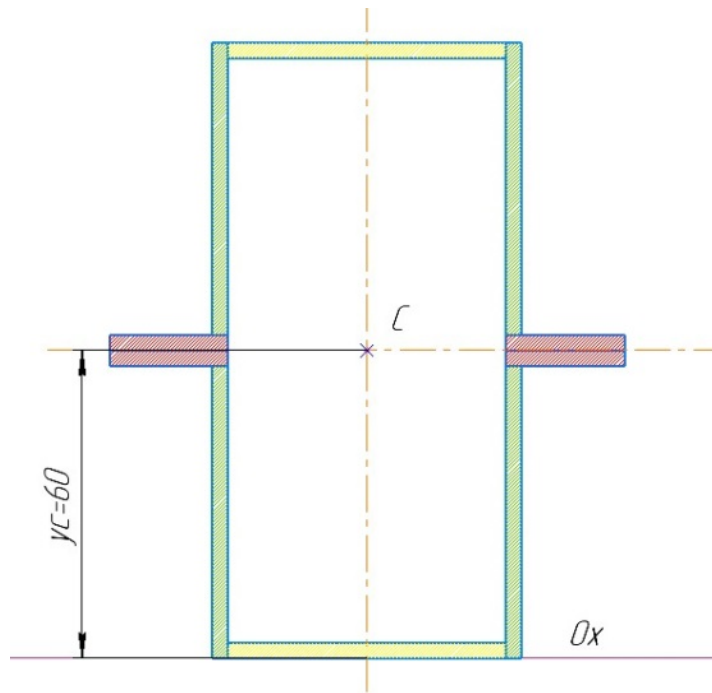


Рис. 6. Центр масс профиля

Теперь вычислим момент инерции относительно оси X каждой простой фигуры профиля.

$$I_x^{(1)(5)(6)(10)} = I_x' + a_1^2 \cdot A_1 = \frac{23 \cdot 3^3}{12} + 1,5^2 \cdot (23 \cdot 3) = 207 \text{ мм}^4, \quad (2)$$

где I_x' - момент инерции простых фигур под номерами 1, 5, 6, 10; a_1 - расстояние от центра тяжести простых фигур под номерами 1, 5, 6, 10 до центра тяжести профиля (мм); $I_x^{(1)(5)(6)(10)}$ - момент инерции простых фигур под номерами 1, 5, 6, 10 относительно оси, проходящей через центр тяжести профиля.

Затем находим моменты инерции для фигур 2, 4, 7, 9 и 3, 8.

$$I_x^{(2)(4)(7)(9)} = I_x'' + a_2^2 \cdot A_2 = \frac{57^3 \cdot 3}{12} + 31,5^2 \cdot (57 \cdot 3) = 215973 \text{ мм}^4$$

$$I_x^{(3)(8)} = I_x''' + a_3^2 \cdot A_3 = \frac{54^3 \cdot 3}{12} + 58,5^2 \cdot (54 \cdot 3) = 554526 \text{ мм}^4$$

И тогда суммарный момент инерции:

$$I_x = 4 \cdot I_x^{(1)(5)(6)(10)} + 4 \cdot I_x^{(2)(4)(7)(9)} + I_x^{(3)(8)} = 1973772 \text{ мм}^4$$

Найдем погрешность

$$\delta = \frac{|I_{x(\text{прогр.})} - I_{x(\text{расч.})}|}{I_{x(\text{расч.})}} \cdot 100\% = \frac{|1973772 - 1973772|}{1973772} \cdot 100\% = 0\%; \quad (3)$$

где $I_{x(\text{прогр.})}$ - момент инерции профиля, вычисленной с помощью программы Компас-3D; $I_{x(\text{расч.})}$ - момент инерции профиля рассчитанный по классической методике.

Заключение

Как видно из формулы (3), погрешность измерений равна 0, что говорит о правильности полученных результатов, но в случае использования программы процесс расчета занял меньше времени.

Список литературы

[1] Система трехмерного моделирования. URL: <https://kompas.ru/kompas-3d/about/> (дата обращения 09.04.2023).

[2] АРМ. URL: <https://apm.ru/raschety-na-prochnost/> (дата обращения: 11.04.2023).

[3] Ицкович Г.М. Сопротивление материалов. 8-е изд. Москва: Высшая школа, 1998, 368 с.

Миронов Юрий Николаевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: yuramurmans2003@gmail.com

Никишкина Алевтина Борисовна – КФ МГТУ им. Н. Э. Баумана E-mail: ab_nikishkina@rambler.ru

ОБОСНОВАНИЕ РАСХОДА ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩЕГО РАСТВОРА (ЗСР) ДЛЯ КАМЕРНОЙ ОБРАБОТКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ РОТАЦИОННЫМ УСТРОЙСТВОМ

Основным технологическим приемом подготовки картофеля к посадке является протравливание клубней защитно-стимулирующими растворами, что способствует увеличению урожайности до 15 % и снижению потерь от болезней и вредителей до 20 %. В статье рассмотрены вопросы повышения качества покрытия корнеклубнеплодов защитно-стимулирующими растворами, оптимизации рабочих параметров камерного опрыскивателя на ротационной поверхности, влияние контактного распределения раствора по поверхности клубней. Выявлено, что на полноту покрытия влияет не только угол распыла, расход жидкости, но и способ пространственного перемещения клубней в зоне обработки. Найдена аналитическая зависимость оптимального расхода раствора при малообъемном, камерном опрыскивании на ротационной поверхности с учетом механического рассредоточения следа капельного покрытия клубней для посадочного картофеля любых фракций.

Ключевые слова: *производительность, силовые нагрузки, повреждаемость клубней, вибролопастной питатель, угол трения скольжения, транспортер, ворох картофеля.*

В результате анализа известных теоретических исследований в области протравливания клубней картофеля установлено, что существующие методы анализа процессов в основном дают характеристики поверхности обрабатываемых клубней, варианты их движения при обработке и степень осаждения ЗСР при мелкокапельном опрыскивании. Также выявили существующую актуальность исследования процесса осаждения ЗСР при управлении пространственным перемещением клубней в зоне обработки на ротационной поверхности путем регулировки размещения роторов и скорости их вращения. Также учеными были обоснованы параметры процессов каплеобразования методами гидромеханики пневматики и осаждения ЗСР на клубни прямым потоком. Однако не выявлены методы и результаты исследований по обоснованию параметров мелкодисперсной среды ЗСР, перемещаемой в объемно-замкнутой камере с ротационным типом несущей поверхности. На основании анализа предложен вариант кругового, касательного перемещения среды ЗСР в камере и осаждения на клубни методом обволакивания ЗСР для повышения коэффициента площади покрытия и эффективности работы протравливателя. Также отсутствуют исследования процесса автоматического управления формированием и перемещением среды ЗСР в зоне камерной обработки на ротационной поверхности. Поэтому на первом этапе провели изыскание аналитических зависимостей и методик для обоснования диапазона расхода ЗСР, необходимого для полного покрытия клубней без переувлажнения с учетом контактного распределения ЗСР по поверхности клубней роторами и самими клубнями.

На основании изложенного предложили зависимость для определения необходимого диапазона расхода рабочей жидкости ЗСР при условии комплексного и полного покрытия поверхности картофеля. Теоретический расход рабочей жидкости на одну тонну картофеля предложили определить по формуле (1) с учетом коэффициента комплексного, объемного, покрытия клубней при камерном опрыскивании [4]:

$$Q_{Ж} = V_{Ж} \cdot n \quad (1)$$

где $Q_{Ж}$ – нормативные пределы расхода рабочей жидкости, л/т; $V_{Ж}$ – диапазон объема мелкодисперсной рабочей жидкости, необходимой для покрытия поверхности одного клубня, л; N – количество клубней в одной тонне, шт/т.

Объем рабочей жидкости, необходимой для мелкодисперсного, объемного покрытия поверхности одного клубня определили по формуле (2):

$$V_{Ж} = V_{К} \cdot n_{К} \cdot k \quad (2)$$

где $V_{Ж}$ – объем рабочей жидкости, дм^3 (л); $V_{К}$ – объем одной мелкодисперсной частицы рабочей жидкости, дм^3 ; $n_{К}$ – количество мелкодисперсных распыленных частиц рабочей жидкости осаждаемых при мелкодисперсном, объемном покрытии поверхности одного клубня в камерном опрыскивателе.

k – коэффициент увеличения покрытия при механическом рассредоточении капельного следа покрытия клубней ЗСР на ротационной поверхности и при контактном взаимодействии клубней.

Приняли допущение, что форма мелкодисперсной распыленной частицы представляет собой шар, её объем можно вычислить по формуле (3)[4]:

$$V_{К} = \frac{\pi d_{ЭК}^3}{6} \quad (3)$$

где $d_{ЭК}$ – диаметр мелкодисперсной распыленной частицы, дм.

Количество мелкодисперсных частиц, достаточных для покрытия поверхности одного клубня, рассчитали по формуле (4) [4]:

$$n_{К} = \frac{S_{З}}{S_{СК}} \cdot k \quad (4)$$

где $S_{З}$ – площадь поверхности одного клубня, дм^2 ; $S_{СК}$ – площадь следа одной частицы рабочей жидкости, дм^2 .

Площадь следа частицы мелкодисперсной рабочей жидкости зависит от ее диаметра, ее определили по выражению (5) [4]:

$$S_{СК} = \frac{\pi d_{СК}^2}{4} \quad (5)$$

где $d_{СК}$ – диаметр следа капли рабочей жидкости, дм.

Диаметр следа ЗСР, наносимого мелкодисперсными распылителями опрыскивателей с учетом растекания капли по поверхности клубней при их контактном перемещении картофеля по ротационной поверхности, принимается (6) [4]:

$$d_{СК} = k_p d_{ЭК} \quad (6)$$

где k_p – коэффициент естественного растекания капель ЗСР для картофеля.

В зависимости от смачивающихся свойств поверхности клубней и физико-механических свойств рабочей жидкости ЗСР и размера мелкодисперсных капель, коэффициент растекания капель примем в пределах от 1,02 до 1,58 [1, 2, 3 -5].

В итоге получили выражение для определения количества распыленных мелкодисперсных частиц рабочей жидкости достаточных для базового покрытия поверхности одного клубня без учета частичного растирания ЗСР по поверхности клубней (7) [4]:

$$n_k = 1.7 \frac{d_{эз}^2}{d_{эж}^2} \quad (7)$$

В результате получили зависимость для определения количества (объема) рабочей жидкости, необходимой для покрытия поверхности одного клубня, без учета механического растирания ЗСР по поверхности клубней в следующем виде (8) [4]:

$$V_{жс} = 0,9 d_{эз}^2 d_{эж} \quad (8)$$

Тогда общий расход рабочей жидкости на одну тонну картофеля определим с учетом подстановки выражения (8) в формулу (1) и определим его с учетом коэффициента механического рассредоточения капельного покрытия клубней на ротационной поверхности при контактном взаимодействии клубней – k :

$$Q_{ж} = 0,9 \cdot d_{эз}^2 \cdot d_{эж}^2 \cdot n \cdot k \quad (9)$$

Заключение

Полученная зависимость позволила рассчитать оптимальный диапазон требуемого расхода ЗСР при малообъемном, камерном опрыскивании на ротационной поверхности с учетом механического рассредоточения следа капельного покрытия клубней для посадочного картофеля любых фракций.

Список литературы

[1] Салахов И.М., Нуруллин Э.Г. Теоретическое обоснование расхода рабочей жидкости в пневмомеханическом протравливателе семян зерновых культур Инновационное развитие агропромышленного комплекса Материалы всероссийской научно-практической конференции. Том 78, часть 2, 2011, с. 217-219.

[2] Любимов АИ., Воцкий З.И., Бледных В.В. Практикум по сельскохозяйственным машинам. Любимов АИ., ред. Москва, Колос, 1997, 191 с.

[3] ОСТ 10.6.-2000. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний.

[4] Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Научно-практические аспекты технологий применения современных гербицидов в растениеводстве. Москва, Печатный город, 2010, 200 с.

Лебедев Андрей Юрьевич – инженер ОПП, Аспирант АО "Восход"-КРЛЗ. E-mail: andrejj926@gmail.com

Плахов Сергей Александрович – старший преподаватель, канд. техн. наук КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: sa.plahov@yandex.ru

Алакин Виктор Михайлович – заместитель директора по инновациям, Канд. техн. наук КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: alakin@bmstu-kaluga.ru

РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОГО ТОРМОЗНОГО МЕХАНИЗМА С ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

В статье обосновано применение гибридного тормозного устройства с электромагнитным и гидравлическим приводом вместо штатного тормозного механизма автомобиля. Разработана схема функционирования гибридной тормозной системы и приведена модель тормозного механизма

Ключевые слова: *тормозная система автомобиля, гибридный тормозной механизм, электропривод, гидропривод.*

Тормозная система большинства автомобилей состоит из рабочей, стояночной, вспомогательной и запасной системы [1]. Основными и самыми распространенными типами тормозных механизмов являются барабанные и дисковые. Барабанные тормозные механизмы более тяжелые и габаритные в сравнении с дисковыми, а также сильно перегреваются и неравномерно изнашиваются, но дольше служат, защищены от грязи и создают большое тормозное усилие. Дисковые тормозные механизмы, самые распространенные на данный момент, имеют лучшие условия охлаждения и быстродействия, но при этом нет защиты от грязи и пыли и подвержены более интенсивному износу [2].

За основу разработанной тормозной системы (рис. 1) взят принцип работы дискового и барабанного тормозного механизма и предложен двойной механизм управления приводом - гидропривод и электропривод, что компенсирует недостатки каждого привода по отдельности. Так гидропривод в случае повреждения или попадания газов в тормозную систему полностью выходит из строя, также невозможность продолжительного и опасность чрезмерно интенсивного торможения из-за перегрева тормозной жидкости. Электропривод обладает не менее серьезными проблемами. При заглушенном автомобиле электрогенератор не вырабатывает электроэнергию, что приводит к неработоспособности тормозной системы или потребуются дополнительный источник питания. Также при повреждении проводки тормозной системы происходит отказ, но в отличие от гидропривода возможен отказ только отдельного тормозного устройства

Тормозной механизм разделяется на два тормозных узла (рис. 2). Первый узел, приводимый в действие электроэнергией состоит из электромагнита и скоб, в которые устанавливаются тормозные колодки. Он выполняет функцию рабочей и второстепенной системы торможения во время движения. Передавая электроэнергию на электромагнит, создается магнитное поле притягивающее скобу, тем самым прижимая колодку к тормозному диску. За счет изменения силы тока, подаваемого на электромагнит, можно контролировать тормозное усилие, что обеспечивает возможность для множества вариантов использования данного тормозного устройства, такие функции как ПБС и АБС.

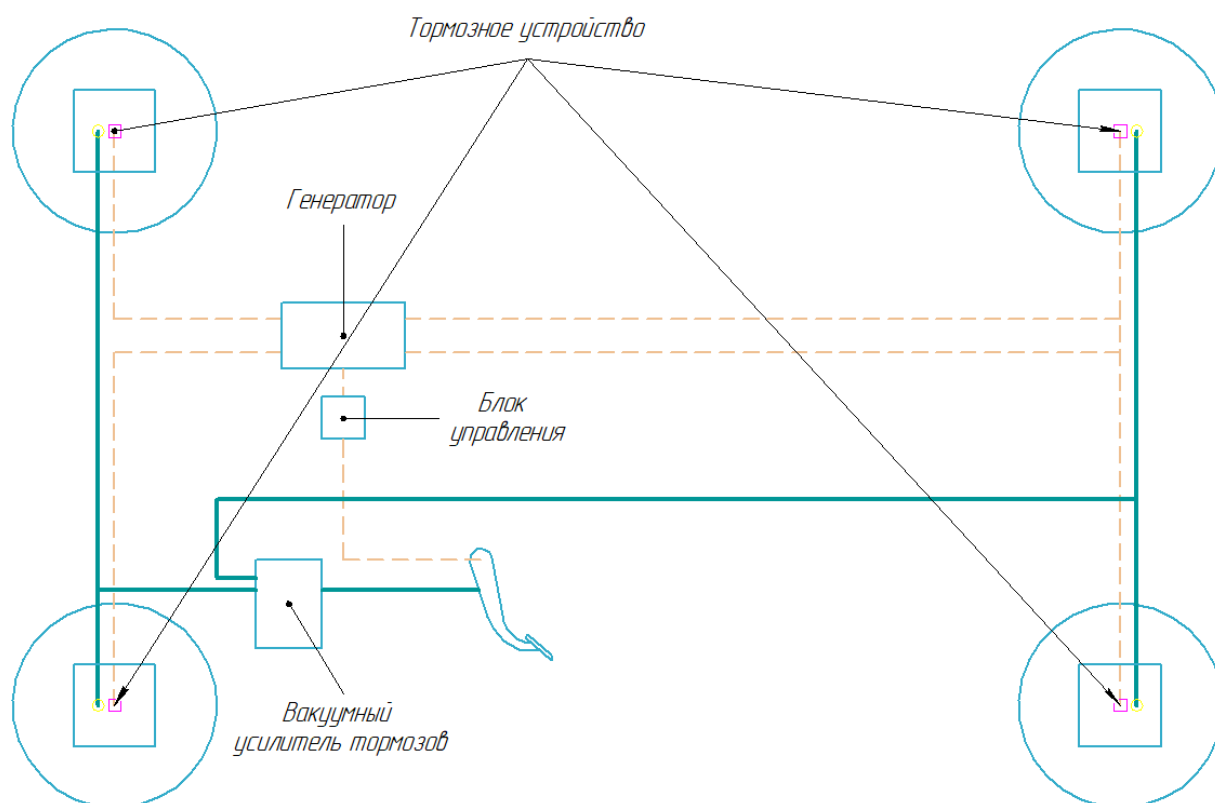


Рис. 1. Схема работы разработанной тормозной системы

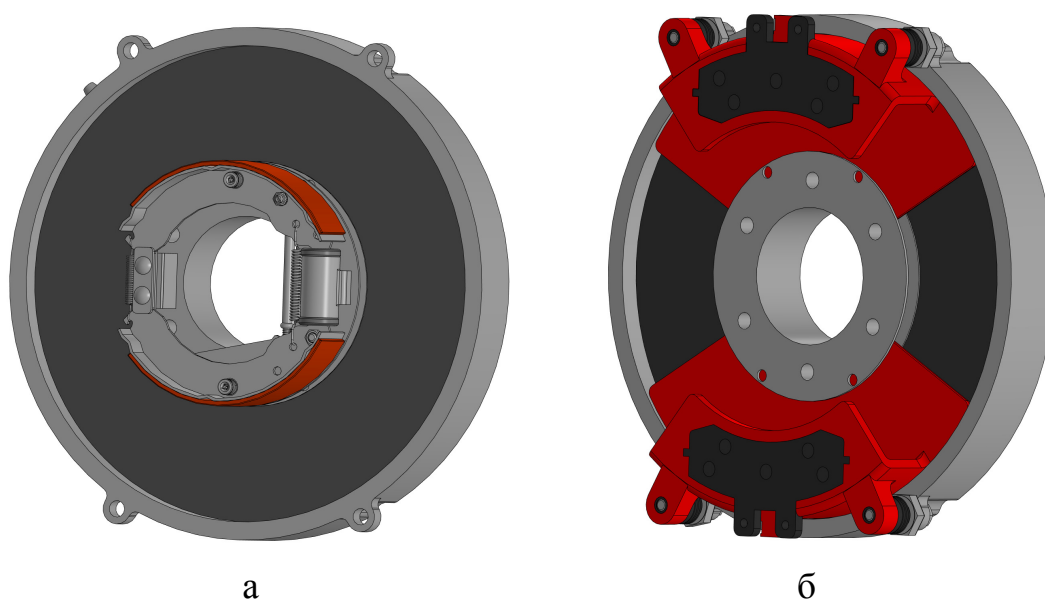


Рис. 2. Общий вид узлов тормозного механизма:

тормозной узел с гидроприводом (а), тормозной узел с электроприводом (б)

Второй узел, выполнен в виде более компактного барабанного тормозного устройства, закрепленного на центральной части корпуса электромагнита и находящегося за ступицей колеса. При нажатии педали усилие передается через гидравлическую систему на тормозной цилиндр, который раздвигает тормозные колодки, прижимаю их к тормозному диску. Данный узел тормозного устройства, так же как и первый узел, выполняет основную рабочую функцию торможения, это позволяет распределить нагрузку между узлами. В случае от-

каза одного из узлов сохраняется работоспособность тормозной системы, кроме того данный узел выполняет роль стояночного тормоза

Конструктивное исполнение гибридного тормозного механизма выполнено с помощью системы автоматического проектирования Компас 3Д (рис. 3) [3]. Разработанный тормозной механизм предполагается устанавливать вместо штатного на то же место. Частичное управление тормозным механизмом осуществляет блок управления, который будет изменять тормозной момент на каждом отдельном колесе, тем самым сокращая тормозной путь, выполняя функции ПБС и АБС, контролировать износ фрикционных поверхностей, а также предотвращать отказ системы торможения.

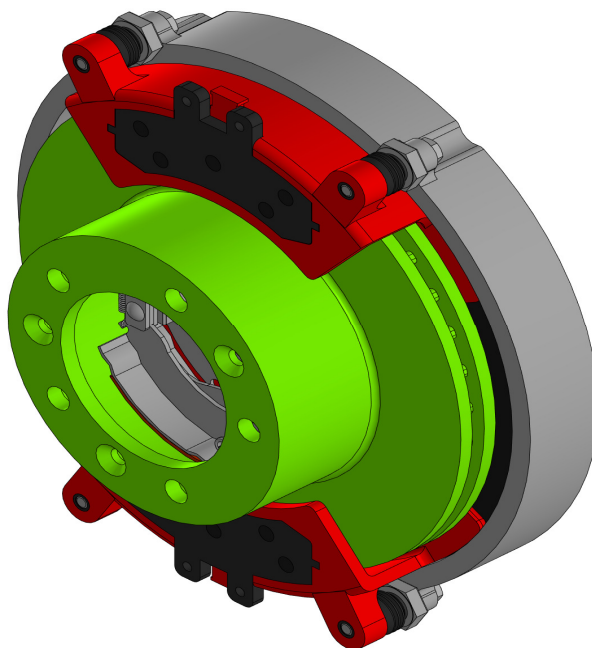


Рис. 3. Общий вид гибридного тормозного механизма

Заключение

Таким образом, использование данного тормозного механизма позволит расширить функциональные возможности системы тормозного управления, управлять динамикой торможения с возможностью управления и обновления тормозных параметров автомобиля.

Список литературы

[1] *ГОСТ 33997-2016. Колесные транспортные средства Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки*

[2] Нарбут АН. *Автомобили: рабочие процессы и расчет механизмов и систем*, Москва, Академия, 2008, 256 с.

[3] Тимофеев С.И., Чубаров Ф.Л., Сидоров М.В. Применение автоматизированных программ в учебном процессе при подготовке выпускников аграрных вузов. *Агропромышленные технологии Центральной России*, 2020, №1(15), с. 105-109.

Антипов Савелий Александрович¹ – студент МК6-121 КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана АО "Тайфун". E-mail: Antipov-sava@yandex.ru

Плахов Сергей Александрович – старший преподаватель, канд. техн. наук КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: sa.plahov@yandex.ru

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В статье проведен обзор патентов, направленных на решение основных проблем электромобилей. В частности, решение проблем, связанных с дальностью хода электромобиля на одном заряде аккумуляторных батарей. Проведен анализ текущего состояния рынка электромобилей, а также перспектив его развития в ближайшие годы, определены основные проблемы, которые тормозят развитие отрасли.

Ключевые слова: *электромобиль, перспективы развития, решения проблем.*

Целью данной статьи являются выделение основных проблем развития электромобилей, рассмотрение предлагаемых решений данных проблем путем поиска направленных на это патентов, а также оценка перспектив развития данной отрасли автомобилестроения.

На данном этапе развития электромобилей, главными их недостатками, по сравнению с автомобилями, оснащенными двигателями внутреннего сгорания, являются малый запас хода на одном заряде батарей, а также высокая стоимость производства и эксплуатации.

Большая часть патентов, направленных на увеличение дальности хода электромобиля заключается в подзарядке аккумуляторных батарей по ходу движения за счет альтернативных источников электроэнергии.

Примером тому может служить патент RU 2 758 405 C1 [1], где автор предлагает решить проблему малой дальности хода электромобиля путем установки на него фотоэлектрических элементов для преобразования энергии солнечной радиации в электрическую. Автор проводит расчеты, согласно которым вырабатываемой за счет фотоэлектрических элементов электроэнергии достаточно для обеспечения суточных поездок среднестатистического жителя Москвы.

Можно выделить такие существенные недостатки данного изобретения как:

- неравномерность излучения солнечной радиации в течение года, что ведет к малой эффективности данного метода решения проблемы малого запаса хода;
- трудоемкий процесс обслуживания фотоэлектрических элементов для обеспечения наиболее эффективного заряда аккумулятора

Так же существуют методы заряда аккумуляторных батарей по ходу движения транспортного средства за счет превращения силы лобового сопротивления воздуха в электрический ток, примером тому может служить патент RU 2 632 731 C2 [2]. Автор патента предлагает использовать по меньшей мере одну турбину с воздухозаборными входами на лобовой стороне и по бокам транс-

портного средства Вторая сторона турбины присоединена к воздухопроводу с возможностью размещения выхода под ТС горизонтально или под углом вниз, так чтобы струя воздуха была направлена на поверхность, по которой перемещается ТС, и способствовала движению ТС [2].

Преимуществом данного устройства электромобиля, по сравнению с аналогами, является система воздухопроводов. Это позволяет турбине не только преобразовывать энергию встречных потоков воздуха в электрическую, но и упрощать движение транспортного средства Из явных недостатков можно выделить спорную возможность применения данной конструкции автомобиля в условиях большой запыленности воздуха, так как большие объемы встречного воздуха нужно от абразивных частиц, наличие которых в системе может привести к выходу из строя турбины.

Существуют патенты, предлагающие снижение расхода электроэнергии, затрачиваемой на движение электромобиля посредством рекуперации энергии торможения. Одним из примеров таких патентов может служить RU 2 672 829 С1 [3]. В патенте описан принцип действия устройства рекуперации энергии. Поставленная цель достигается тем, что обмен кинетической энергии между маховиком и трансмиссией машины производится посредством изменения передаточного отношения кинематической цепи планетарного дифференциала за счет изменения его степени подвижности и путем управления тягового электрического двигателя изменением потока энергии в дифференциальном механизме путем растормаживания его звена и соединения его с маховиком [3]. Основным преимуществом данного принципа является отсутствие управляющих обратимых электрических машин, благодаря чему достигается минимизация потерь коэффициента полезного действия.

С экономической точки зрения развитие электромобилей тормозят несколько факторов:

- рост стоимости лития;
- малая рентабельность отрасли.

За последние 5 лет наблюдается тенденция увеличения стоимости лития, который является одним из основных компонентов литий-ионных аккумуляторов. График, который отражает изменение цены на литий представлен на рис. 2.



Рис. 1. График отражающий изменение цены на литий [4]

Главным фактором роста лития является изменившиеся за последние 10 лет соотношение между спросом и предложением на данный металл, которое, в свою очередь, обусловлено постоянно нарастающими темпами производства литий-ионных батарей, которые используются во всех сферах жизни человека, начиная с гаджетов и заканчивая электромобилями.

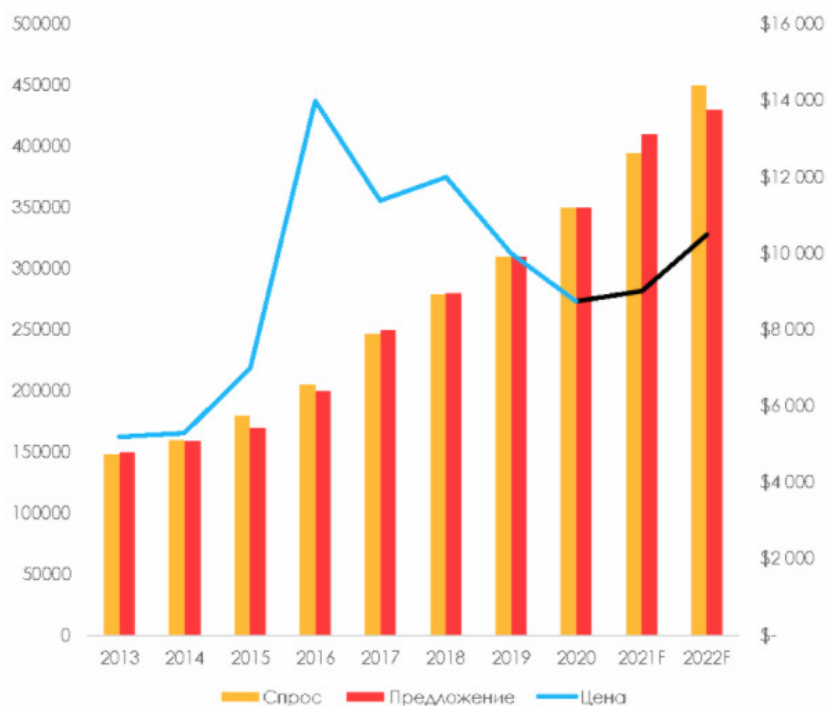


Рис. 2. Баланс спроса и предложения на рынке лития [5]

Согласно *Reuters*, Volkswagen оценит свой предстоящий электромобиль I.D., близкий к текущему Golf. Это означает, что автомобиль будет продаваться с убытком, прогнозирует Лоран Петизон, управляющий директор консалтинговой фирмы AlixPartners [6].

Consumer powertrain preferences for their next vehicle

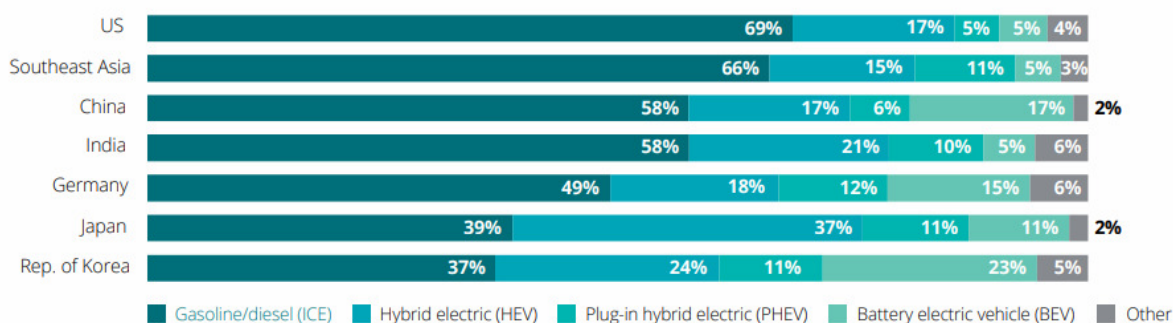


Рис. 2. Соотношение граждан различных стран относительно видов приоритетных автомобилей [7]

За последние 10 лет рынок электромобилей значительно вырос в странах Европы, что связано с экономической поддержкой данной отрасли автомобилестроения, которая заключается в запрете с 2035 года производить в Европе автомобили на бензине и дизельном топливе, и замене их на электромобили и ав-

томобили на электротопливе [8], данные об изменении доли мирового рынка электромобилей представлены на рис. 3.

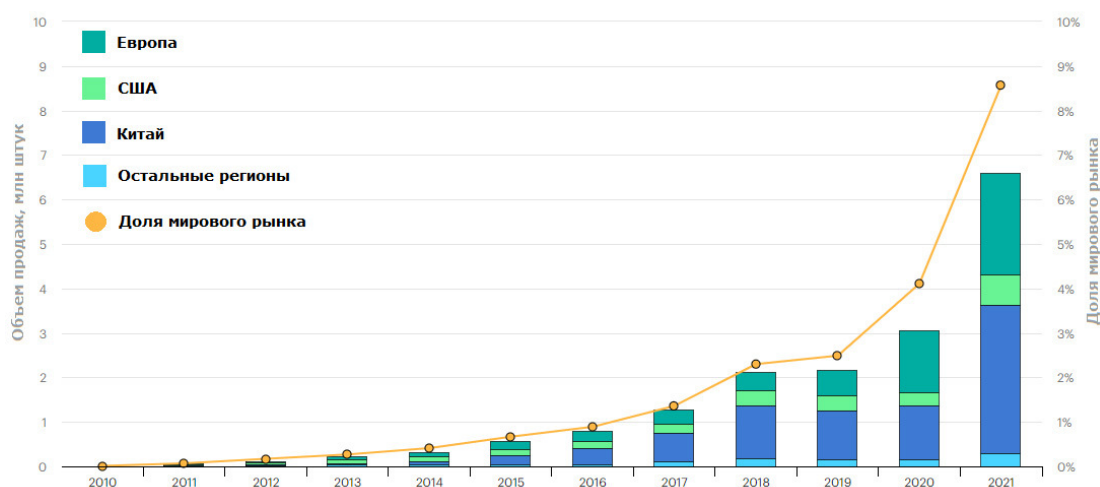


Рис. 3. Мировые продажи электромобилей и подзаряжаемых гибридов в 2010-2021 годах [9]

До момента обеспечения рентабельности производства, для отрасли жизненно важным является получение субсидий со стороны государства, которые могут быть направлены на погашение издержек.

Заключение

Производство электромобилей является перспективной развивающейся отраслью автомобилестроения. В ходе развития отрасли решаются ее основные проблемы, которые в настоящее время заключаются в малой дальности хода на одном заряде аккумуляторных батарей, а также высокая стоимость производства и эксплуатации электромобилей. В последнее время рынок электромобилей развивается благодаря субсидированию со стороны государств, а также введению законов, призванных помочь развитию отрасли.

Список литературы

- [1] Шалимов П.Ю. Электромобиль. Пат. № 2758405 Российская Федерация, 2021, бюл. № 31, 10 с.
- [2] Нороян Г.С. Турбина ветряная для электромобиля (варианты), а также электромобиль, содержащий указанную турбину. Пат. № 2632731 Российская Федерация, 2017, бюл. № 28, 10 с.
- [3] Шалимов П.Ю. Электромобиль с маховичным аккумулятором энергии. Пат. № 2672829 Российская Федерация, 2018, бюл. № 32, 12 с.
- [4] Dipold M.P. Increasing Production And Lithium Shortage Result In A Great Investment. Seeking Alpha, 2022, URL: <https://seekingalpha.com/article/4558964-albemarle-increasing-production-lithium-shortage-great-investment> (accessed 11 April 2023).

[5] MacroIsBack. Литий: металл будущего. ProfitGate, 2021, URL:<https://profitgate.ru/posts/14241-litii-metall-buduschego.html> (дата обращения 11.04.2023).

[6] Edelstein S. European Automakers Concerned That Electric Cars Will Erode Profits, Report Says. The DRIVE, 2018, URL:https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.becc4513-64346734-fdc1ab71-74722d776562/https/www.thedrive.com/tech/23953/european-automakers-concerned-that-electric-cars-will-erode-profits-report-says (accessed 11 April 2023).

[7] 2022 Global Automotive Consumer Study Key findings: Global focus countries. Deloitte, January 2022,

URL:<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Consumer-Business/us-2022-global-automotive-consumer-study-global-focus-final.pdf> (accessed 11 April 2023).

[8] Конончук М. «Дороги назад нет». Как Европа решила заглушить бензиновые двигатели. AUTONEWS, 2022, URL: <https://www.autonews.ru/news/6360d5939a7947421cad8d4> (дата обращения 11.04.2023)

[9] Мировая статистика - 2021: электромобили и подзаряжаемые гибриды. Новости автомира, 2022, URL: <https://bztrip.ru/novosti/mirovaya-statistika-2021-elektromobili-i-podzaryazhaemye-gibridy.html> (дата обращения 11.04.2023).

Васильев Андрей Александрович – студент МК6-101 –КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: vaa18km023@student.bmstu.ru

Пономарев Алексей Иванович – КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: apom@bmstu.ru

ОБОСНОВАНИЕ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИБРОЛОПАСТНОГО ПОДБОРЩИКА КАРТОФЕЛЯ

Выявлено, что постоянный подбор, равномерную подачу и регулируемую производительность при малой повреждаемости клубней может обеспечить вибролопастной питатель. Конструктивно-технологическая схема вибролопастных питателей предлагается в виде набора продольных вибролопастей с межлопастными зазорами, которые позволят осуществить выемку картофеля по принципу клинового внедрения вибролопастей в насыпь под углом трения скольжения клубней по поверхности лопастей, обеспечивая постоянную и щадящую выемку картофеля и подачу картофеля на ленту транспортера при малой повреждаемости и энергоемкости. В статье рассмотрены вопросы производительности подборщика, силовые нагрузки и потребные нагрузочные режимы на рабочие органы вибролопастного подборщика, которые обладают технологической универсальностью и возможностью погрузки вороха картофеля и других корнеплодов из насыпи.

Ключевые слова: *производительность, силовые нагрузки, повреждаемость клубней, вибролопастной питатель, угол трения скольжения, транспортер, ворох картофеля.*

На кафедре «Колесные машины и прикладная механика» проведены исследования на предмет разработки новых процессов заборных устройств и обоснования силовых параметров процесса нового малогабаритного подборщика непрерывного действия (без цикличности), которые обеспечат равномерную, регулируемую, надежную и производительную выемку клубней из насыпи в пределах от 5 до 15 т/час и подачу на сортировку без повреждения клубней с минимальным использованием ручного труда

Производительность подборщика непрерывного действия складывается из производительности питателя подборщика Q_{II} , и производительности наклонного транспортера подборщика Q_{TP} , который подает клубни на сортировку со скоростью v_{TP} , а также из производительности сортировки Q_C и производительности отводных транспортеров Q_{TP-n} от сортировки, ленты которых движутся со скоростью v_{TP-n} . Для обеспечения бесперебойной работы подборщика и сортировки должно выполняться условие [1]:

$$Q_{TP-n} \geq Q_{TP} \geq Q_C = Q_n \quad (1.1)$$

Рассмотрев процессы сопротивления при внедрении и выемке картофеля питателем, перемещения сортировки совместно с подборщиком и отводными транспортерами составили уравнение сопротивления движению. В следующем составе: сил тяжести подаваемого картофеля mg , сопротивления внедрению

питателя подборщика F_{cn} , сопротивления сдвига и подачи порции картофеля $F_{cdс}$, сопротивления перекачиванию подбирающе-сортировальной установки F_n по грунтовой поверхности пола, сил инерции масс подбирающе-сортировальной установки F_u [1]. Тогда суммарное сопротивление перемещению подбирающе-сортировальной установки определили по зависимости:

$$F_{\Sigma} = mg + F_{cn} + F_{cdс} + F_n + F_u \quad (1.2)$$

Приняли исходную ширину подборщика B , размеры заборных пластин b , расстояние между ними b_1 определили число пластин в ряду

$$n_k = \frac{B}{b + b_1} \quad (1.3)$$

Тогда окончательное усилие внедрения питателя определили по зависимости [1]:

$$F_{cn} = \frac{(270 - \frac{\beta_{TP}}{360})Bkhb[\tau]}{b + b_1} \quad (1.4)$$

Захват клубней происходит при внедрении вибролопастей заборного устройства в слой картофеля. Зона захвата составляет 1200...1500мм в зависимости от высоты насыпи и биологического состояния картофеля [2].

Клубни, захваченные вибролопастями, в процессе продвижения по поверхности лопастей, находятся под воздействием сопротивления слоя картофеля и прижимаются к лопастям и перемещаются вдоль их поверхности в направлении к наклонному транспортеру подборщика

Для устойчивой работы подающих вибролопастей необходимо выполнение условия [2]:

$$F_{yд} \geq F_{cdс}, \quad (1.5)$$

где $F_{yд}$ – сила, удерживающая клубень на лопасти; $F_{cdс}$ – сила, сдвигающая клубень по лопасти при продольной подаче подборщика

При движении вибролопасти под массой картофеля возникает сила сопротивления, которую можно представить как силу сопротивления внедрения клина в слой картофеля - $F_{кл}$, верхняя грань которого является рабочей поверхностью лопастей.

Силу сопротивления внедрению клина определим по выражению [2]:

$$F_{кл} = HB\rho g \cos\psi, \quad (1.6)$$

где H - высота откоса насыпи в зоне забора картофеля, м; B – принятая ширина захвата подборщика ($B=1,5$ м); $\psi = \frac{\pi}{2} - (\varphi + \varepsilon)$ – обратный угол между нижней гранью лопасти и основанием поверхности насыпи, град; φ – угол внедрения верхней грани вибролопасти, град; ε – угол кривизны вибролопасти, град;

$l = r_0 - \frac{d_0}{2}$ – длина вибролопастей, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; ρ – плотность картофеля, кг/м³.

При выемке слоя вороха картофеля совместно с частицами почвы клубни, перемещаясь относительно друг друга и связанные почвой, затрачивают на это энергию. Силу необходимую для преодоления сил внутреннего трения картофеля при деформации слоя, определили с учетом площади поверхности сдвига и выемки вороха. Согласно уравнению предельного равновесия связанных тел при внедрении вибролопастей $F_{вл}$ определили по зависимости [2]:

$$F_{вл} = pf_{вн} + p_{cc}S_{л}, \quad (1.7)$$

где p – сила давления слоя вороха картофеля, Н; $f_{вн}$ – коэффициент внутреннего трения вороха картофеля; p_{cc} – сила сцепления клубней, приходящаяся на единицу площади выемки из насыпи, Н/м; $S_{л}$ – площадь выемки картофеля при внедрении вибролопастей, м².

Тогда силу давления слоя вороха картофеля определили по выражению [2]:

$$p = mg \cos \varphi + pf_{вн} \quad (1.8)$$

Сила сцепления вороха с вибролопастями, приходящаяся на единицу площади выемки вороха определится по зависимости:

$$p_{cl} = p_e \cos \varphi + p_r \sin \varphi, \quad (1.9)$$

где p_e – давление на вибролопастях от вертикального слоя картофеля, Н/м²; p_r – давление горизонтального слоя картофеля и наклонный транспортер, Н/м²; φ – угол внедрения вибролопастей, град.

Площадь поверхности выемки картофеля вибролопастями из насыпи равна [2]:

Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.
(1.10)

где $l_{л}$ – длина вибролопастей, м; $B_{л}$ – ширина подборщика, м.

В результате получили выражение для определения силы сопротивления внедрению вибролопастей в насыпь картофеля [2]:

$$F_{д} = F_{кл} + F_{вл} = f_{вн} \rho V_{от} (g \cos \varphi + pf_{вн}) + (p_e \cos \varphi + p_r \sin \varphi) l_{л} B_{л}, \quad (1.11)$$

где $V_{от}$ – фактически отделяемый объем слоя картофеля, м³; ρ – плотность картофеля, кг/м³.

Сила трения клубня по поверхности вибролопастей [2]:

$$F_{ТР} = Nf = fmg \cos \psi, \quad (1.12)$$

где N – нормальная реакция поверхности лопасти, Н; f – коэффициент трения картофеля о лопасти; m – масса картофеля, находящаяся на заборной поверхности вибролопастей, кг.

Производительность подборщика в общем виде предложили определить с одной стороны производительностью выемки картофеля вибролопастями, свя-

занной с поступательной скоростью подачи подборщика в направлении насыпи картофеля или лука и с другой стороны производительностью загрузочного транспортера и сортировки. Производительность на этапе подачи подборщика определяется по выражению [3]:

$$Q_n = \rho Av, \quad (1.13)$$

где ρ – объемная масса вороха картофеля, кг/м³; A – площадь поперечного сечения откоса насыпи картофельного вороха, ссыпаемого на вибродопасты, м²; v – скорость поступательного движения подборщика совместно с сортировкой, м/с.

Данное выражение позволяет обосновать диапазон поступательной скорости питателя с подборщиком при заданных значениях изменения диапазона производительности сортировки и соответственно подборщика по условиям зависимости уравнения (1.1). Также анализ данного выражения и использование его как уравнения позволяет произвести комплекс расчетов по обоснованию как объемных, так и скоростных параметров процесса вибродопастного подборщика, связанного производительность с сортировкой, переборочным столом и выгрузными конвейерами.

Заключение

В результате исследований обоснованы зависимости и выявлены силовые параметры процессов подбора и подачи вороха картофеля из насыпи вибродопастным заборным устройством в составе модуля сортировки, а также предложены варианты расчетов подачи вороха, производительности, скоростных параметров процесса вибродопастного подборщика, связанные с производительностью сортировки, переборочного стола и выгрузных конвейеров.

Выявлено, что вибродопастной питатель в виде набора продольных вибродопастей с межлопастными зазорами позволит осуществить равномерную выемку и подачу картофеля по принципу клинового внедрения в насыпь и обеспечить постоянную и регулируемую производительность выемки картофеля с подачей на сортировку при малой повреждаемости и энергоемкости.

Список литературы

[1] Дмитриев Р.С. Повышение эффективности погрузчика сахарной свеклы путем обоснования параметров кулачково-планчатого питателя. Дис. канд. наук. Саратов, 2016, 168 с.

[2] Леонтьев АА Повышение эффективности погрузки картофеля путем обоснования параметров роторно-цепного питателя погрузчика непрерывного действия. Дис. канд. техн. наук. Саратов, 2010, 171 с.

[3] Павлов И.П. Повышение эффективности погрузки картофеля и лука путем обоснования параметров лопастного питателя погрузчика непрерывного действия. Дис. канд. наук. Саратов, 2016, 150 с.

Ломов Александр Русланови – директор ООО "СТК "ГРИН-ПАЙП". E-mail: stkgreenpipe@gmail.com

Семенов Максим Андреевич – инженер ПТО ООО "СТК "ГРИН-ПАЙП". E-mail: maksimsemenov606@gmail.com

Плахов Сергей Александрович – старший преподаватель, канд. техн. наук КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: sa.plahov@yandex.ru

Алакин Виктор Михайлович – КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: alakin.vm@bmstu.ru

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ТЯГОВО-ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЯ

Для совершенствования тяговой динамичности автомобилей существует огромное количество способов, одни из которых могут полностью изменить концепцию автомобиля, другие же наоборот, при малейших доработках дают прирост тяговой динамичности ничуть не хуже, чем первые. Каждая система или узел автомобиля обладают определенными свойствами и показателями, поэтому объектов совершенствования на автомобиле ровно столько сколько он имеет узлов и систем. Описание всех направлений совершенствований задача чрезвычайно трудоемкая по причине имеющегося многообразия конструкций эксплуатируемых автомобилей.

Ключевые слова: *тяговая динамичность, автомобиль, мощность, крутящий момент.*

Одним из направлений повышения тяговой динамичности автомобиля является усовершенствование двигателя или же полная его замена на более мощный. Двигатели рассчитаны на среднего потребителя, поэтому у многих появляется желание изменить характеристики стандартного двигателя, увеличив его мощность и крутящий момент. Это стало возможно за счет установки распределительных валов с регулируемым шкивом и измененной программой управления, которые изменяют фазы газораспределения, что обеспечивает более эффективное наполнение цилиндров рабочей смесью [1].

Также одним из направлений совершенствования двигателя является увеличение рабочего объема. Для этой цели меняются шатуны, поршни и коленчатый вал, что соответственно увеличивает ход поршня, а следовательно, и объем каждого цилиндра. При увеличении объема возрастает крутящий момент в зоне средних и низких оборотов [1].

Данная операция встречается довольно-таки редко из-за своей большой стоимости и трудоемкости, а также данные операции с двигателем автомобиля повышают расход топлива и увеличивают токсичность отработанных газов.

Еще одним достаточно сложным способом повышения тяговой динамичности автомобиля является снижение его массы путем более полного использования свойств металлов и применения легких сплавов и пластмасс. В настоящее время ведутся работы по созданию облегченных силовых агрегатов, трансмиссий и несущих систем автомобиля. За последние годы в автомобилестроении были внедрены многие виды пластмасс, которые имеют меньшую плотность по сравнению с металлом, более пластичны, что важно при изготовлении деталей сложной формы, обладают высокой антикоррозионной стойкостью и низкими производственными затратами при малосерийном производстве [2].

Улучшение аэродинамических свойств автомобиля также повышает его тяговую динамичность, но данный способ является очень редко используемым за счет того, что он эффективен только при высоких скоростях [2].

Тяговая динамичность автомобиля может быть значительно улучшена путем уменьшения потерь мощности на трансмиссии. Это возможно за счет применения бесступенчатой трансмиссии, которая обеспечивает легкое управление автомобилем, плавный разгон, уменьшает динамические нагрузки и вибрации [3].

Одной из самых простых операций по увеличению тяговой динамичности является улучшение сцепных характеристик автомобиля, а именно изменение колес. Это возможно за счет установки шин с измененным рисунком протектора, шириной, высотой профиля, а также шин с другим составом. Данный способ является недорогим и нетрудозатратным по сравнению с вышеперечисленными [4].

Наиболее перспективным направлением по повышению динамических характеристик автомобиля является система рекуперации механической энергии. Она представляет собой систему для восстановления механической энергии движущегося транспортного средства при торможении. Восстановленная энергия хранится в резервуаре (например, пружине или маховике) для последующего использования при ускорении.

Электрическая система рекуперации является самой распространенной. У электрической системы есть один существенный минус: большие потери при трансформации механической энергии в электрическую. Но, благодаря простоте реализации такой технологии, электрический вариант системы рекуперации в 2009 году пришел в Формулу 1 [5].

Принцип работы таких систем достаточно прост. При наборе скорости электродвигатель питается от аккумуляторной батареи и передает через трансмиссию вращательный момент на колеса автомобиля. В момент торможения встроенная электроника переключает его в режим генератора. Усилие, необходимое для его «раскручивания» замедляет вращение трансмиссии и способствует процессу остановки транспортного средства. Вырабатываемое мотором/генератором напряжение через специальный контроллер подзаряжает аккумуляторную батарею. То есть, часть энергии удастся вернуть для ее последующего использования.

При экстренном торможении рекуперативная система не может резко остановить автомобиль. Вследствие этого полностью отказываться от рабочей тормозной системы нельзя.

Рекуперация возможна не только на электрическом транспорте, но и на обычных автомобилях с двигателями внутреннего сгорания. Один из самых простых принципов механической рекуперации сводится к запасанию механической энергии автомобиля во вращающемся массивном маховом колесе, с дальнейшим использованием этой энергии для разгона транспортного средства. Такая система довольно сложна в реализации, а ее применение на обычных машинах пока не началось [6].

Такая система применялась в болидах «Формулы-1», а в ближайшие годы на рынке могут появиться и серийные автомобили с механической рекупераци-

ей от Volvo. Как заявляют разработчики, использование данной системы может значительно снизить расход топлива (а значит и токсичность автомобиля).

Заключение

В результате исследований выявлены основные пути повышения тяговой динамичности автомобиля, а также предложены варианты известных устройств рекуперации.

Выявлено, что электрическую систему рекуперации нецелесообразно устанавливать на автомобиль с двигателем внутреннего сгорания, так как она имеет аккумуляторную батарею маленькой емкости, которая не требует постоянной дозарядки системой рекуперации. А механическая система рекуперации, установленная на автомобиль, позволит не только повысить динамические характеристики, но и снизить расход топлива

Список литературы

[1] Швецов А Ю. Улучшение динамических показателей двигателя внутреннего сгорания. Вестник НГИЭИ. Сер. Механика и машиностроение, 2010. №1, с. 142-151.

[2] Карпухин К. Е., Бакеро П.И. Аэродинамика как метод улучшения устойчивости и компенсации распределения веса для болида типа Formula SAE. Известия МГТУ. Сер. Механика и машиностроение, 2010, №1, с. 19-22.

[3] Таран И.А, Клименко И.Ю. Повышение технико-экономических показателей тягово-транспортных средств путем использования двухпоточных трансмиссий. Проблемы недропользования. Сер. Механика и машиностроение, 2014. №2, с. 142-146.

[4] Купреянов АА, Румянцев Е.О., Загидуллин Р.Ш. Разработка методов улучшения тягово-цепных свойств автомобиля за счет использования динамического фрикционного потенциала шин на поверхностях, покрытых слоем льда Известия вузов. Сер. Механика и машиностроение, 2016, №5, с. 9-22.

[5] Marks P. Drama of Formula 1 receives technological boost. Journal of New Scientist, 2011, no. 2803. URL: <https://www.newscientist.com/article/dn20282-drama-of-formula-1-receives-technological-boost/> (accessed 11 April 2023)

[6] Уханов А П., Уханов Д. А, Голубев В.А Конструкция автомобилей и тракторов. 3-е изд. Санкт-Петербург, Лань, 2022, 188 с.

Семенов Максим Андреевич – инженер ПТО ООО "СТК "ГРИН-ПАЙП".
E-mail: maksimsemenov606@gmail.com

Голубина Светлана Александровна – КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана
E-mail: asbina@yandex.ru

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ МАНЕВРЕННОСТИ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

В процессе исследования повышения маневренности автомобиля можно выделить несколько различных способов, которые позволят изменить главный параметр, который ее характеризует – минимальный радиус разворота. Одни из этих способов существенно повлияют на саму суть концепции разрабатываемого автомобиля и являются довольно затратными как с научно-исследовательской, так и с конструкторской точки зрения, другие же будут выглядеть более компромиссными и менее дорогостоящими, не уступая в эффективности на пути к увеличению маневренности. Также повышение маневренности определяется не только внедрением какой-либо новой технологической системы, но и усовершенствованием уже имеющихся узлов и агрегатов автомобиля, выделением существующих недостатков и подходы для их устранения.

Ключевые слова: маневренность, автомобиль, минимальный радиус разворота, выворот колес, доворот.

Одним из ключевых способов повысить маневренность автотранспортного средства – это задать ключевые параметры на ранней стадии разработки и проектирования, определить условия и область для его применения. Компонировка автомобиля является важнейшим параметром в определении понятия маневренность, поскольку в зависимости от расположения главных агрегатов и узлов транспортного средства будут изменяться основные габаритные параметры, такие как длина, межосевое расстояние, выворот колес в зависимости от типа привода [1].

Для грузовых автомобилей компоновка обеспечивает выполнение сразу нескольких основных требований, таких как максимальный размер несущей платформы относительно заданных размеров автотранспортного средства, рациональное распределение нагрузки по осям, безопасность, обзорность со стороны водительского места и степень управляемости.

На данный момент существует несколько вариаций компоновочных решений, применимые в первую очередь для грузовых автомобилей:

1. Расположение ДВС перед кабиной;
2. Расположение ДВС над кабиной;
3. Расположение ДВС сзади относительно кабины [1].

Рассматривая данные компоновочные решения для грузового автомобиля, который будет обладать повышенной маневренностью относительно других, целесообразно выбрать расположение ДВС над кабиной, поскольку сохраняется эффективная рабочая площадь платформы, уменьшается габаритная длина, вследствие и расстояние между передней и задней осью, что существенно влияет на показатели маневренности.

При компоновке автомобиля важную роль имеет конструирование и выбор правильной формы главной несущей конструкции – рамы. С точки зрения поворота относительно самой себя, можно выделить два типа рам: классическая жесткая рама и шарнирно сочлененная. Вторая разновидность позволяет существенно снизить радиус разворота транспортного средства за счет излома рамы и повысить маневренность в целом [2].

На этапе проектирования предпочтительней выбрать задний привод, так как будет достигнут максимальный выворот колес на передней оси, повышенное сцепление колес на задней оси при полной, частичной загрузке автомобиля.

Для того чтобы обеспечить максимальный выворот колес, также необходимо учесть конструкционные особенности подвески автомобиля, устройства рулевого управления.

Существует два основных типа подвески – независимая и зависимая. Их главное отличие в том, что независимая подвеска позволяет изменять положение одного колеса в пространстве, не изменяя положения другого. Зависимая подвеска характеризуется тем, что представляет собой жесткую балку, соединяющую между собой колеса [3].

Рассматривая данные типы подвески с точки зрения повышения маневренности, лучшим решением будет являться зависимая подвеска, поскольку она более проста в техническом исполнении, в ней используется шкворневая система закрепления колес, позволяющая осуществить больший выворот колес, в сравнении с независимым типом подвески, где поворотный кулак колеса закреплен на шаровых опорах [3].

Также для достижения максимального поворота колес и вследствие получения минимального радиуса разворота необходимо выбрать механизм рулевого управления. Для грузовых автомобилей чаще всего применяются червячный и винтовой рулевой механизм, так как они обладают высокой нагрузочной способностью, в отличие от реечного рулевого механизма, который зачастую устанавливают на легковые автомобили.

Данные системы обладают маленькой чувствительностью к ударным нагрузкам, обеспечивают большие углы управляемых колес, в сравнении с реечным типом, тем самым повышают маневренность автомобиля. Принципиально эти две системы схожи в устройстве работы, но имеют отличия, которые сказываются на долговечности, периоде обслуживания.

Червячный рулевой механизм сложен в изготовлении, имеет большое количество соединений, поэтому требует периодической регулировки. В винтовом механизме исполнительную роль совершает пара «винт–гайка». За счет данного принципа система имеет больший КПД и реализует большие усилия, в сравнении с червячным механизмом [4].

Наиболее перспективным и технологичным направлением для уменьшения радиуса разворота и повышения маневренности транспортного средства является система доворота колес на задней оси. Ее суть заключается в том, что в процессе поворота или разворота автомобиля дополнительно поворачиваются колеса, которые до этого не имели управления и были предназначены для прямо-

линейного вектора движения. За счет данной системы увеличивается маневренность в городских условиях, местах ограниченного пространства, увеличиваются разновидности выбора маршрутов.

Существуют устройства, которые позволяют не только довернуть колесо относительно оси, но и также повернуть ось относительно рамы автомобиля. Они также являются перспективными для исследования и разработки, но имеют ряд недостатков, таких как большие габаритные размеры, масса отдельной системы, которая снизит грузоподъемность, разработку трансмиссии и систему привода в целом под данное устройство.

Рассматривая системы доворота колес на задней оси, можно выделить три типа, таких как гидравлическая, механическая и электрическая система. Механические системы включают в себя много узлов и соединений, за счет которых она усложняется, уменьшается надежность, увеличивается периодичность технического обслуживания. Электрические системы подруливания являются совершенно новым направлением и имеют большой потенциал в сфере легковых автомобилей, поскольку исполнительный механизм не справляется высокой нагрузкой при использовании на грузовых транспортных средствах [5].

Гидравлическая система доворота колес на данный момент имеет преимущество для установки на грузовые автомобили за счет надежности, минимального количества механических соединений, компактность, возможность совместимости гидравлической системы доворота колес с гидроусилителем основного рулевого управления, создав единую рулевую систему.

Похожая концепция системы применялась компанией Nissan под именем HICAS в 1990 году. Она включала в себя гидравлический привод доворота задних колес и была объединена в единую схему с гидроусилителем рулевого управления. Она устанавливалась на заднеприводные автомобили Nissan и Infiniti.

Заключение

В результате исследований выявлены основные пути уменьшения радиуса разворота, повышения маневренности грузового автомобиля, предложены варианты разработанных и существующих видов устройств доворота

Выявлено, что выбор компоновки автомобиля, габаритные размеры, форма рамы, тип привода, подвеска и рулевое управление непосредственно влияют на показатели маневренности транспортного средства

Выделено перспективное направление для повышения маневренности автомобиля – разработка и конструирование систем доворота колес на задней оси. Для грузовых таким является гидравлическая система доворота колес на задней оси, поскольку является более простой, надежной, грузоподъемной системой.

Список литературы

[1] Акулова АА Основы конструкции автомобилей. 1-е изд., Екатеринбург, Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина, 2017, 168 с.

[2] Шарипов В.М. Конструирование и расчет тракторов. 3-е изд., Москва, 2022, 752 с.

[3] Павлюк АС., Сафронов С.В. Влияние конструктивных параметров рулевого привода на поворот управляемых колес мобильной машины Сер. Механика и машиностроение, 2013, №4/3, с. 181-184.

[4] Червяков С.В., Столяров АВ., Давыдкин АМ. Технологические рекомендации по ремонту рулевых механизмов автомобилей КамАЗ. Инженерный вестник Дона Сер. Прочие сельскохозяйственные науки, 2018, №4, с. 1-11.

[5] Ходес И.В., Нгуен Т.М. Влияние подвески на управляемость АТС. Известия вузов. Сер. Механика и машиностроение, 2010, №2, с. 89-95.

Сережкин Сергей Сергеевич – КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: serejkin.sergey@yandex.ru

Зезюля Валерий Владимирович – КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: zezyulya-valera@mail.ru

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КВАЗИАДАПТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Рассмотрены основные преимущества и недостатки применения полимерных композитных материалов для разработки силовых конструкций сельскохозяйственного назначения. Выделено направление проектирования адаптивных систем, способных изменять свои свойства при возникновении аварийных, экстремальных ситуаций. Предложено использование квазиадаптивную конструкцию, реализованную в виде сэндвич структурированных композитных пластин с наполнителем в виде неньютоновской жидкости для компенсации ударных воздействий, возникающих при эксплуатации грузов сельскохозяйственного назначения.

Ключевые слова: квазиадаптивные конструкции, полимерные композитные материалы, сельскохозяйственное машиностроение.

В настоящее время композиты широко применяются для выполнения модернизационных, ремонтных и восстановительных работ в сельскохозяйственной технике. Кроме вопросов восстановления и модернизации уже существующих изделий актуальной является задача разработки силовых конструкций на основе композитных материалов, имеющих значительные преимущества благодаря широкой вариативности свойств, коррозионной и абразивной стойкости при общем снижении массы и увеличении надежности конструкции [1, 2].

Несмотря на преимущества при использовании полимерных композитных материалов в деталях, узлах, тонкостенных конструкциях агропромышленного комплекса значительным недостатком является низкая стойкость к случайным локальным ударным нагрузкам по нормали к поверхности, вследствие чего образуются дефекты: расслоения, разрывы волокон, сквозные повреждения, которые в месте удара могут быть почти незаметными и приводить к резкому (до двух раз) снижению прочности при сжатии [3].

В других областях промышленности повышение ударной стойкости слоисто-тканого материала выполняется применением арамидного волокна для усиления поверхности. По стойкости к высокоскоростному удару опытные образцы такого материала не уступают пакету армирующего наполнителя [4]. Локальная фиксация слоев слоисто-тканого материала обеспечивает механическую связь между слоями, но при этом не фиксирует жестко все армирующие волокна, что позволяет обеспечить высокую сопротивляемость такой структуры ударному воздействию за счет способности его к большим деформациям и поглощению энергии удара трением, возникающим между отдельными волокнами.

Несмотря на доказанную эффективность увеличения надежности применением слоев специальных композиционных тканей в авиации, в сельскохозяйственной технике данный способ не получил распространения по причине высокой стоимостью арамидного волокна – в 10-15 раз выше стекловолокна

В последние десятилетия в литературе [5] большое внимание уделяют созданию адаптивных управляемых конструкций, представляющих собой системы, способные изменять свои свойства при возникновении аварийных, экстремальных ситуаций.

В некоторых отраслях техники (в частности, в конструкциях, испытывающих вибрацию) адаптивные устройства уже достаточно распространены. В то же время в сельхозмашинах, испытывающих малоцикловую периодическую нагрузку достаточно большой амплитуды или случайные превышения предельной нагрузки в виде ударов, современные управляемые устройства не получили широкого применения. Это объясняется главным образом инерционностью действия таких устройств (замедленностью их реакции на внешнее возмущение).

Для увеличения стойкости к ударным воздействиям, сосредоточенным на малой площади, возникающим во время эксплуатации машины, задействованной в перевозке сыпучих, полужидких, штучных грузов, во время погрузочно-разгрузочных работ, перевозок по дорогам низкой категории в работах [6], предлагается использовать сэндвич-структурированные композитные пластины, в которых некоторые внутренние объекты (сосуды) которых заполнены неньютоновской жидкостью – полисилоконом. Это позволит менять механические характеристики и прочность сэндвич-панели в целом, поглощать энергию удара, сохраняя конструкцию бортов машин неповрежденными, практически без изменения из массы, что позволяет рассматривать данную конструкцию как квазиуправляемую.

Заключение

Разработка и проектирование достаточно простой квазиадаптивной конструкции сельскохозяйственного назначения, работающей в стандартном режиме при воздействии статической нагрузки, но способной изменять механические характеристики, свойства и прочность в целом при экстремальном воздействии (например, ударе), позволит повысить надежность техники, эффективно применять инновационные материалы и технологии для нужд отрасли.

Список литературы

[1] *Бутин АВ.* Перспективные полимерные и полимер-полимерные композиционные материалы для сборки подшипниковых узлов при изготовлении и ремонте техники / Ли Р.И., Бочаров АВ., Бутин АВ., Шипулин М.А // Клеи. Герметики. Технологии. – № 5, 2011, с. 28 – 33.

[2] *Ли Р.И.* Повышение эффективности восстановления посадочных отверстий корпусных деталей сельскохозяйственной техники при модификации эластомеров / Р.И. Ли, Ф.А Кирсанов, Д.В. Машин, АА Колесников // Труды ГОСНИТИ, 2013, Т. 111., Ч. 2, с. 134-136.

[3] *Матвиенко Ю.Г.* Акустикоэмиссионная диагностика процессов разрушения структуры композита при растягивающих, сжимающих и циклических

нагрузках. / Ю.Г. Матвиенко, И.Е. Васильев, В.И. Иванов, С.В. Елизаров // Дефектоскопия, 2016, № 8, с. 30.

[4] *Шульдешова П.М., Железина Г.Ф.* Арамидный слоисто-тканый материал для защиты от баллистических и ударных воздействий // Труды ВИАМ, 2014, № 9. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aramidnyy-sloisto-tkanyy-material-dlya-zaschity-ot-ballisticheskikh-i-udarnyh-vozdeystviy> (дата обращения: 18.08.2021).

[5] *Юрлова Н.А.* Умные материалы и конструкции: фантастика или реальность? // Вестник Пермского научного центра УрО РАН, № 2, 2013, с. 33 – 48.

[6] *Астахов М.В.* Повышение стойкости к ударным воздействиям композитных узлов сельхозмашин применением упруговязкопластичных жидкостей / М. В. Астахов, Е. В. Славкина – DOI 10.15507/2658-4123.030.202002.268- 286 // Инженерные технологии и системы, 2020, Т. 30, № 2, с. 268–286.

Славкина Екатерина Викторовна – старший преподаватель КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: slavkina@bmstu.ru

Астахов Михаил Владимирович – профессор КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: mvastahov@bmstu.ru

СЕКЦИЯ 8.

ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

бесполезен. Если вместо этого найти базовую строку авторизации, велика вероятность того, что пароль, который она содержит, все еще действителен.

- JWT могут выдаваться одной службой и проверяться другой. На самом деле это одна из стандартных вещей, для которых они используются. Если вы входите на сайт А через «Вход с помощью Facebook» или другого поставщика единого входа В, сайт А, на который вы входите, никогда не увидит ваш пароль; он направляется прямо к поставщику единого входа В. Затем В может вернуть JWT со словами "Носителем этого является Bob, идентификатор пользователя 255431". Теперь сайт А знает, кто вы - до тех пор, пока вы отправляете им JWT - даже не видя никаких ваших учетных данных.

- JWT может предоставлять разрешения с ограниченной областью действия. С базовой аутентификацией для решения этой задачи приходилось бы настраивать несколько уникальных паролей, к которым не надо предоставлять полный доступ или же поделиться основным паролем, и тогда любое приложение, которое захочет, сможет получить полный контроль над всеми данными. С помощью JWT каждое приложение может запрашивать только те разрешения, которые ему нужны, и когда они будут одобрены, оно получает JWT с утверждениями, которые ограничивают то, для чего может использоваться токен.

- JWT могут быть как безопасными, так и быстрыми для проверки. Симметричные подписи (HMAC) в JWT проверяются очень быстро, обычно требуется не более нескольких раундов хеширования. Поскольку компьютеры становятся быстрее, необходимо также удорожать хэш пароля, что не является серьезной проблемой для подписей JWT. Это означает, что с базовой аутентификацией нужно либо добавить кучу процессорного времени, затрачиваемого на чрезвычайно дорогостоящее хеширование паролей, либо придется подвергнуться очень высокому риску того, что в случае утечки базы паролей люди смогут использовать хэши методом перебора. С JWT это не так уж и важно (с JWTs, подписанными HMAC, это вообще не вызывает беспокойства).

- Базовая аутентификация на самом деле не совместима с многофакторной аутентификацией (иногда называемой двухэтапной аутентификацией). MFA обычно реализуется с эфемерными значениями - одноразовые коды, генерируемые в приложении или отправляемые через SMS, одноразовые номера вызова. Это неудобно, если вы хотите, чтобы сеанс длился более нескольких минут, прежде чем пользователю придется снова войти в систему. С помощью JWT можно один раз проверить учетные данные пользователя (включая MFA), а затем предоставить им токен, действительный до тех пор, пока вы хотите (в частности, с JWTs, это часто два токена: сам JWT, который имеет короткое время жизни, и обновленный токен, который длится дольше, но требует поиска в базе данных для проверки).

- HTTP Basic Auth автоматически отправляется браузером для любого запроса в соответствующий домен даже если запрос поступает из другого домена. Это означает, что существует риск CSRF (подделки межсайтовых запросов), когда, если сайт X считает, что вы могли войти на сайт Y, он может заставить ваш браузер отправлять запросы на Y, и Y подумает, что это сделали вы, пользова-

тель. Это можно использовать для чего угодно, от публикации сообщений на форуме до перевода денег между учетными записями, и это произойдет без вашего ведома

В связи с этим, вход в систему с помощью базовой аутентификации на самом деле не контролируется клиентским приложением (реализовано в HTML / CSS / JS). Веб-браузер выбирает, что показывать. Другие формы токена аутентификации / авторизации позволяют веб-приложению создавать свои собственные страницы входа, которые могут включать такие функции, как "забыли пароль?" параметры входа по ссылке или единому входу, в то время как базовый сайт аутентификации просто предоставляет пользователю пустую страницу (содержимое не будет загружено - или даже запрошено - пока пользователь не войдет в систему).

Благодаря перечисленным факторам схема аутентификации с использованием JWT широко используется в различных корпоративных приложениях. Особенно популярна эта схема в тех приложениях, которые реализуют парадигмы микросервисной архитектуры: при таком подходе каждый сервис получает необходимые ему сведения о пользователе непосредственно из токена, а не тратит время на получение этой информации из базы данных [3].

Список литературы

[1]. Токенизация (информационная безопасность) [Электронный ресурс], 15.08.2022. – URL: <https://vk.cc/cm2Ozd>

[2]. Вадим Ившин - Обзор аутентификации на основе токенов [Электронный ресурс], 8.12.2021. – URL: <https://habr.com/ru/post/593191/>

[3]. Безопасность JSON Web Tokens (JWT) [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberpolygon.com/ru/materials/security-of-json-web-tokens-jwt/>

Акишина Елизавета Александровна – студент –КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: akishinaea@student.bmstu.ru

ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫЙ ПОИСК УЯЗВИМОСТЕЙ В ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯХ

Тема ответственности за несанкционированный поиск уязвимостей в веб-приложениях является актуальной в свете увеличения числа кибератак и хакерских атак на веб-ресурсы. В различных странах действия, связанные с несанкционированным поиском уязвимостей, могут быть квалифицированы как преступления и приводить к уголовной ответственности. Законодательство обычно определяет такие действия как нарушение компьютерных систем, несанкционированный доступ к защищенной информации, вредоносную деятельность. В данной работе рассматривается тема несанкционированного поиска уязвимостей в веб-приложениях и связанной с этим ответственности, а также приводятся практические примеры случаев несанкционированного поиска уязвимостей и их последствия.

Ключевые слова: *несанкционированный поиск уязвимостей, межсайтовый скриптинг, уголовная ответственность, xss атака*

Понятие неправомерного поиска уязвимостей в веб-приложениях

В соответствии с законодательством Российской Федерации, неправомерный доступ к компьютерной информации, включая поиск уязвимостей в веб-приложениях, может быть квалифицирован как преступление и привести к уголовной ответственности. В частности, статья 272 Уголовного кодекса РФ предусматривает наказание за неправомерный доступ к компьютерной информации. [1].

Также, поиск уязвимостей в веб-приложениях рассматривается, как использование компьютерной программы, заведомо предназначенной для нейтрализации средств защиты компьютерной информации. Это рассматривается в статье 273. часть 1 УК РФ - Создание, распространение или использование компьютерных программ либо иной компьютерной информации, заведомо предназначенных для несанкционированного уничтожения, блокирования, модификации, копирования компьютерной информации или нейтрализации средств защиты компьютерной информации. [2].

Ответственность за неправомерный поиск уязвимостей в веб-приложениях

Деяние, ответственность за которое предусмотрено ст. 272 УК РФ, должно состоять в неправомерном доступе к охраняемой законом компьютерной информации, который подразумевает совершение последовательности действий, совершенных из корыстных побуждений или если они повлекли за собой уничтожение, блокирование, модификацию либо копирование информации, нарушение работы компьютера, системы компьютеров или их сети (ч.2). Обязательным признаком состава данного преступления является наступление вредных последствий для владельца либо информационно-вычислительной системы – уничтожение, блокирование, модификацию либо копирование информации, нарушение работы компьютера, системы компьютеров или их сети.

Согласно статье 272 УК РФ, лицо, не имеющее права доступа к компьютерной информации, которое получило такой доступ путем нарушения мер защиты, установленных для охраны этой информации, либо обеспечивающих ее конфиденциальность, - наказывается штрафом до ста тысяч рублей или в размере заработной платы или иного дохода осужденного за период до двух лет, либо ограничением свободы на срок до двух лет, либо лишением свободы на тот же срок.

Таким образом, если индивид проводит тестирование на уязвимости веб-приложений без соответствующего разрешения от владельца ресурса или без заключения договора на проведение такой работы, то он может быть привлечен к уголовной ответственности.

Деяние, ответственность за которое предусмотрено ст. 273 Ч.1 УК РФ – «Создание, использование и распространение вредоносных компьютерных программ» предусматривает уголовную ответственность за создание программ для ЭВМ или их модификацию, заведомо приводящие к несанкционированному уничтожению, блокированию, модификации либо копированию информации, нарушению работы ЭВМ, а также использование таких программ или носителей с такими программами (дискеты, диски, флэш-накопители, съемные жесткие диски), наказывается ограничением свободы на срок до четырех лет, либо принудительными работами на срок до четырех лет, либо лишением свободы на тот же срок со штрафом в размере до двухсот тысяч рублей или в размере заработной платы или иного дохода осужденного за период до восемнадцати месяцев.

Проблемы определения правомерности поиска уязвимостей метода

Поиск уязвимостей – это важная часть процесса обеспечения безопасности информационных систем и данных. Он позволяет выявлять слабые места в системе и принимать меры по их устранению, что помогает предотвращать возможные атаки и нарушения безопасности.

Однако, при этом необходимо учитывать ряд правовых и этических аспектов. Во-первых, необходимо соблюдать законы и правила, связанные с защитой персональных данных и конфиденциальной информации. При поиске уязвимостей необходимо убедиться, что полученные данные не будут использоваться незаконно или не будут переданы третьим лицам.

Во-вторых, необходимо учитывать этические аспекты. Поиск уязвимостей не должен использоваться для получения несанкционированного доступа к системам и данным. Также необходимо учитывать возможность причинения ущерба организации в случае сбоя или недоступности системы.

Для решения этих проблем необходимо разработать единый подход к определению правомерности поиска уязвимостей, который будет учитывать законодательство и правила этики. Кроме того, необходимо проводить обучение и тренировки для специалистов по информационной безопасности, чтобы они могли правильно определять правомерность поиска уязвимостей и принимать соответствующие меры по обеспечению безопасности информационных систем и данных.

Примеры из судебной практики

При изучении судебной практики были выявлены уголовные дела по теме работы.

Например, гражданин Русинов использовал ПЭВМ с доступом в интернет в компьютерном клубе и сохранил на жесткий диск специальное программное обеспечение для проведения аудита безопасности информационного ресурса. Он проверил его работу на веб-сайте, который относится к объектам критической информационной инфраструктуры. Русинов запустил программу для проверки наличия уязвимостей RCE, которая представляет собой возможность удаленного внедрения кода в серверный скрипт.

Русинова С. Р. признали виновным в совершении преступления, предусмотренного ч. 1 ст. 274.1 УК РФ, и назначили ему наказание, с применением ст. 64 УК РФ, в виде исправительных работ сроком на 1 год с удержанием 10 % из заработной платы в доход государства [3].

Другой пример. Евстратова П.Д. изучала информацию о компьютерных атаках и уязвимостях беспроводных протоколов передачи данных. В августе 2020 года она начала изучать вредоносное программное обеспечение, включая «Sqlmap», и решила использовать его для нейтрализации средств защиты компьютерной информации на различных сайтах. Для этого она скачала загрузочный образ операционной системы «Kali Linux» и сохранила его на флэш-накопитель. 22 сентября 2020 года, используя ноутбук, она запустила вредоносное программное обеспечение «Sqlmap» и использовала его для несанкционированной нейтрализации средств защиты компьютерной информации на сайте МБОУ «Средняя общеобразовательная школа № 23» г. Калуги.

В соответствии со ст. 25.1 УПК РФ уголовное дело в отношении Евстратовой Полины Дмитриевны, обвиняемой в совершении преступлений, предусмотренных ч. 1 ст. 273, ч. 1 ст. 273 УК РФ, прекратить. На основании ст. 76.2 УК РФ назначить Евстратовой Полине Дмитриевне меру уголовно-правового характера в виде судебного штрафа в размере 15000 рублей. [4].

Ещё один пример. Иваньков совершил преступление, связанное с неправомерным доступом к компьютерной информации и ее модификацией. Он использовал свою ПЭВМ и несанкционированный доступ к Wi-Fi-роутеру, чтобы взломать сайт Крымского федерального университета. Используя вредоносные программы "Hydra", "BeEF-xss", "Metasploit", он подобрал логин и пароль редактора контента, нейтрализовал средства защиты и разместил на сайте видеоролик с танцем в национальных еврейских костюмах.

Иванькова признали виновным в совершении преступлений, предусмотренных частью 1 статьи 272, частью 1 статьи 273, частью 1 статьи 272, частью 1 статьи 273 УК РФ. На основании части 2 статьи 69 УК РФ по совокупности преступлений, путем частичного сложения назначенных наказаний, назначили Иванькову окончательное наказание в виде ограничения свободы на срок 6 месяцев. [5].

Заключение

Окончательный уголовный приговор по главе 28 УК РФ зависит от многих факторов, таких как характер и тяжесть совершенного преступления, наличие

смягчающих и отягчающих обстоятельств, личность обвиняемого, его ранее совершенные преступления и поведение во время следствия и судебного процесса. Также влияют на окончательный приговор доказательства, представленные сторонами дела, адекватность и законность применяемых мер наказания. В целом, окончательный уголовный приговор по главе 28 УК РФ является результатом комплексного анализа всех вышеперечисленных факторов.

От правильной квалификации преступного деяния зависит выбор формы расследования; подследственность уголовного дела; определение меры пресечения в отношении подозреваемого (обвиняемого); подсудность уголовного дела; вид и мера уголовного наказания, которая может быть применена к виновному; возможность применения к обвиняемому, подсудимому, осужденному акта амнистии или помилования; возможность условного осуждения и условно-досрочного освобождения осужденного, применения к нему более мягкого наказания или отсрочки исполнения наказания, установленного обвинительным приговором суда.

Таким образом, проведение несанкционированного поиска уязвимостей веб-приложений может привести к уголовной ответственности в соответствии со статьей 272, а также 273. ч.1 Уголовного кодекса РФ.

Список литературы

[1]. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 29.12.2022, с изм. от 15.03.2023) - URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10699/ (дата обращения 22.03.2023)

[2]. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 29.12.2022, с изм. от 15.03.2023) - URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10699/ (дата обращения 22.03.2023)

[3]. Приговор Первомайского районного суд г. Омска от 18.08.2021 по делу № 1-398/2021 // <https://clck.ru/33sFW7/> (дата обращения: 22.03.2023)

[4]. Приговор Калужского районного суда г. Калуги от 18.08.2021 по делу № 1-1-518/2021 // <https://clck.ru/33sPcE/> (дата обращения: 22.03.2023)

[5]. Приговор Симферопольского районного суда (Республики Крым) от 27.12.2016 по делу № 1-537/2016 // <https://clck.ru/33sZq3/> (дата обращения: 22.03.2023)

Мицих Владислав Павлович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: mvp19ki141@student.bmstu.ru

Вершинин Евгений Владимирович – КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: vershinin@bmstu.ru

КАК СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ И ПРИЛОЖЕНИЯ СОБИРАЮТ ИНФОРМАЦИЮ О НАС?

С ростом зависимости людей от социальных сетей и мобильных приложений растут и угрозы безопасности их личной информации. Сейчас социальные сети и приложения просят доступ ко многим функциям мобильного устройства. А также некоторые люди выкладывают слишком много своей личной информации. Именно поэтому задача защиты личной информации в интернете и социальных сетях является критически важной. К сожалению многие пользователи не осознают этого или понимают это уже постфактум.

Социальные сети

Все соцсети собирают и хранят персональные данные пользователей.

1. Регистрационные – Это имя, фамилия, пол, возраст, место жительства, номер телефона, email, и так далее. Также в основном во вкладке о себе мы предоставляем информацию о месте работы, семейное положение и интересы.

2. Наши действия в той или иной социальной сети – подписки, лайки, хештеги, комментарии, просмотренные видео и так далее. Так социальные получают информацию о наших запросах в браузере.

3. Любая информация записанная нашим микрофоном или полученная из переписки с кем либо.

4. Доступ об устройстве входа: модель телефона или ноутбука, операционная система с которой мы вошли, браузер, IP-адрес.

5. Связь и сеть, а точнее наш мобильный оператор и провайдер, номер телефона

Люди каждый день пишут, выкладывают и ищут что-либо в интернете, тем самым оставляя свой “цифровой след”. Данный след содержит данные разных типов: видео или аудио записи, геолокацию и многое другое.

Что такое cookie и как это работает

Это небольшой фрагмент данных, отправленный веб-сервером и хранимый на компьютере пользователя. Веб-клиент (обычно веб-браузер) всякий раз при попытке открыть страницу соответствующего сайта пересылает этот фрагмент данных веб-серверу в составе HTTP-запроса. Применяется для сохранения данных на стороне пользователя, на практике обычно используется для:

1. аутентификации пользователя;
2. хранения персональных предпочтений и настроек пользователя;
3. отслеживания состояния сеанса доступа пользователя;
4. хранения сведений статистики о пользователях.

Все cookie можно разделить на несколько основных групп:

1. Временные. Хранятся в течение одной сессии и автоматически удаляются после закрытия браузера

2. Постоянные. Сохраняются на вашем компьютере даже после перезапуска браузера Их можно удалить вручную через настройки.

3. **Сторонние.** Это файлы cookie, которые принадлежат сторонним доменам. Например, если на сайте есть рекламный баннер с другим доменом, то браузер, помимо основных куки, отправит и файлы стороннего сайта. Они помогают оценить эффективность рекламы.

4. **Зомби-cookie.** Это трудноудаляемые файлы, которые могут храниться в других хранилищах, связанных с работой браузера или социальной сети. Например, куки можно спрятать в HTTP ETag, Indexed DB, Microsoft Silverlight или в API Java. Лучший способ защититься от таких файлов — использование только HTTPS-соединения.

Какая информация хранится в cookie.

1. **Данные сессии.** В первую очередь, в файле сохраняются логин и пароль, чтобы после каждого обновления страницы пользователям не приходилось вбивать их повторно. Cookie способны собирать информацию о посещенных страницах и времени, проведенном на сайте, а также фиксировать отдельные действия, например, заполнение различных форм.

2. **Настройки профиля.** Cookie сохраняют языковые настройки, вашу корзину (даже если вы еще не зарегистрировались на сайте), валюту покупки, геолокацию и так далее. Самый яркий пример — интернет-магазины, которые автоматически подставляют нужную валюту и город доставки, а также сохраняют товары в корзине.

3. **Идентификационные данные.** Под этим подразумевают версию браузера или операционной системы, тип устройства, время посещения и не только. Файл куки создается для каждого конкретного браузера, поэтому сайт посчитает одного и того же человека как разных пользователей, если он зайдет на ресурс через разные браузеры.

4. В большинстве случаев cookie позволяют получить практически полную карту «путешествий» пользователя по сайту. Если же говорить о куки-файлах для отдельных рекламных баннеров, то они могут собрать информацию о вас, даже если вы посещали разные домены, на которых имелись баннеры от одного разработчика

Зачем социальные сети и приложения собирают о нас информацию?

Популярные социальные сети не берут денег с пользователей за использование их продукта, но они должны на чем-то зарабатывать, что бы нормально работать. Поэтому они берут деньги за выкладку рекламы в их приложении. Таким образом мы платим за использование сетями и приложениями. Из этого можно сделать вывод, что основная цель сбора данных коммерческая. Сбор данных осуществляется, чтобы понять интересы пользователя и предложить рекламу специально для него. Чем более точная информация будет собрана о пользователе, тем лучше рекламные объявления будут соответствовать интересам пользователя, а следовательно пользователи будут чаще переходить по рекламным ссылкам и приносить доход компаниям. Но есть и другие цели сбора информации у социальных сетей:

1. Улучшить взаимодействие с пользователем

2. Сформировать поисковую выдачу, ленту новостей индивидуально для каждого пользователя

3. Оградить социальные сети от противозаконного контента
4. Проводить аналитические исследования

Почему же так опасно, что социальные сети и приложения собирают о нас информацию?

1. Ни одно приложение не застраховано от взлома. Злоумышленники взламывают странички пользователей тем самым получая информацию о нужном им человеке. О его семье, последнем местоположении, номере телефона и т.д. Есть большое количество людей чью страничку взламывали.

2. Ни одно приложение не застраховано от банальной утечки данных пользователей. При такой утечке злоумышленники получают большое количество информации о разных людях.

3. Проанализировав нашу страничку в социальных сетях злоумышленники могут понять наши интересы и увлечения, тем самым заставив нас, самим отдать важную информацию о нас. (перейти на сомнительный сайт, прийти в определенное время куда-либо и т.д)

4. Любую информацию которую мы выкладываем в социальных сетях видят не только друзья, но и все пользователи. Ведь, когда друзья лайкают пост, его видят их друзья, и т.д.

5. Злоумышленники могут использовать cookie, чтобы зайти в ваш личный аккаунт, поскольку в этих данных передается логин и пароль для авторизации. Применяются несколько методов кражи:

6. Взлом сессии. Хакеры могут перехватить незашифрованный интернет-трафик и извлечь конфиденциальную информацию.

7. Подмена cookie. Возможны атаки на сервер, когда злоумышленник модифицирует куки-файл и получает с этого какую-либо выгоду, например, меньшую сумму заказа. Для предотвращения таких ситуаций сайты передают в куки только уникальный идентификатор сессии, а другая информация хранится на самом сервере, что делает подобную атаку затруднительной.

8. Межсайтовые cookie. Эти атаки используют уязвимости браузеров и направлены на захват идентификатора вашей сессии. Именно поэтому рекомендуется регулярно обновлять свой браузер.

9. Кража cookie. Специализированное вредоносное ПО может украсть ваши куки, после чего злоумышленник сможет через них авторизоваться на сайте даже с протоколом HTTPS.

Список литературы

- [1] Cookie. Википедия – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Cookie>
- [2] Что такое cookie в браузере?. DNS club – URL: <https://club-dns--shop.ru.turbopages.org/club.dns-shop.ru/s/blog/t-326-internet/47805-что-такое-cookie-v-brauzere-i-pochemu-na-mnogih-saitah-preduprejd/>
- [3] Как соцсети собирают информацию о пользователях и как себя обезопасить? Аргументы и факты – URL: https://aif.ru/society/safety/kak_socseti_sobirayut_informaciyu_o_polzovatelya_h_i_kak_sebya_obezopasit

[4] Что соцсети знают о нас и зачем им это? Skillbox Media –
URL:https://skillbox.ru/media/marketing/что_соцсети_знают_о_нас_i_zachem_im_eto/

Жандаров Никита Александрович – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана
E-mail: nikita07080910@gmail.com

ПОЛУЧЕНИЕ ХЭША РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО СИГНАЛА С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ СРЕДСТВ

Использование алгоритмов сравнения и распознавания на аппаратном уровне требует наличия специального оборудования и соответствующих знаний. Что делает невозможным создание универсальных систем для решения каких-то конкретных задач, связанных с обработкой и распознаванием сигналов. Данную проблему может решить программная обработка сигнала на программно-определяемом радио. Для проверки уникальности сигнала выдвигается гипотеза хэша радиотехнического сигнала

Ключевые слова: радиотехнический сигнал, быстрое преобразование Фурье, частотный анализ, радиоразведка, радиотехническая безопасность

Актуальность. Тема сравнения и распознавания оцифрованных радиотехнических сигналов на программном уровне недостаточно хорошо освещена в научных работах. Предлагаемые алгоритмы и методики, как правило, используют аппаратную часть для фильтрации и сравнения поступающих сигналов в аналоговом виде. Оператор системы с таким алгоритмом в принятии решения руководствуется получаемыми характеристиками после таких преобразований.

Проблематика исследования. Радиотехнический сигнал можно представить в виде суммы множества гармоник различной частоты и длины волны. Это возможно благодаря рядам Фурье и, в частности, алгоритму Быстрого преобразования Фурье. Но для распознавания или определения типов радиотехнических сигналов все равно необходимы существенные аппаратные мощности. Но также существуют и программные методы обработки сигналов, которые все равно требуют большие вычислительные мощности аппаратной части [1]. Отсюда появляется необходимость сделать универсальный алгоритм, который может за короткое время определенным образом преобразовать сигнал и сравнить его с базой уже имеющихся сигналов, при этом не используя значительные программные ресурсы. Также важно, чтобы база имела возможность масштабирования. Создание нейронной сети здесь может не подойти: при добавлении сигналов новых типов или категорий нейросеть необходимо переучивать на новые данные. К тому же, обучающая выборка для наиболее точного определения в таком случае должна быть довольно большой [2]. Еще одной негативной стороной такого подхода будет высокая требовательность к ресурсам и памяти рабочей станции.

Уже существуют алгоритмы, способные решать такие проблемы для распознавания музыки. Это достигается анализом спектра полученной записи, например, с концерта Предполагается, что подобное можно сделать и с радиотехническими сигналами. Подобные алгоритмы хоть и имеют практические результаты, но все равно не слишком универсальны в своем применении [4].

Если определенным образом сигнал привести к уникальному числовому ряду, то с помощью такого подхода можно создавать уникальные хэши для ка-

ждого радиосигнала А в дальнейшем сравнивать с подобными хэшами с имеющейся базой сигналов. Если точного совпадения найдено не будет, то находить в базе хэш с наименьшим отклонением от хэша записанного сигнала

Алгоритм получения хэша радиотехнического сигнала Для начала необходимо прочитать записанный сигнал из звукового файла и преобразовать через окно Хэннинга В итоге получится массив амплитудно-временной характеристики этого сигнала Теперь ее необходимо преобразовать в универсальный для компьютера вид. Частота дискретизации будет получена в результате считывания звукового файла

В качестве метода исследования сигнала будем использовать спектральный анализ. Для этого можем провести над полученной амплитудно-временной характеристикой операцию быстрого преобразования Фурье. В итоге будет два набора одинаковой длины: значения амплитуд сигнала по каждой из частот и набор этих частот.

Быстрое преобразование Фурье дает не самые точные результаты из-за наличия свободного члена при произведении математических вычислений на дискретизированном сигнале. В результате получаются значения для дробных частот. Такого быть не может, поэтому области в пределах целых значений частот приведем к усредненному виду. То есть, для частоты 1 Гц области будет $[0,5;1,5]$. И так для всех частот. И в случае, если несущая частота из-за погрешности вычислений оказалась на дробном значении, она при усреднении примет целое значение частоты и нивелирует эту погрешность. Также это уберет возникающие в результате БПФ лепестки по краям.

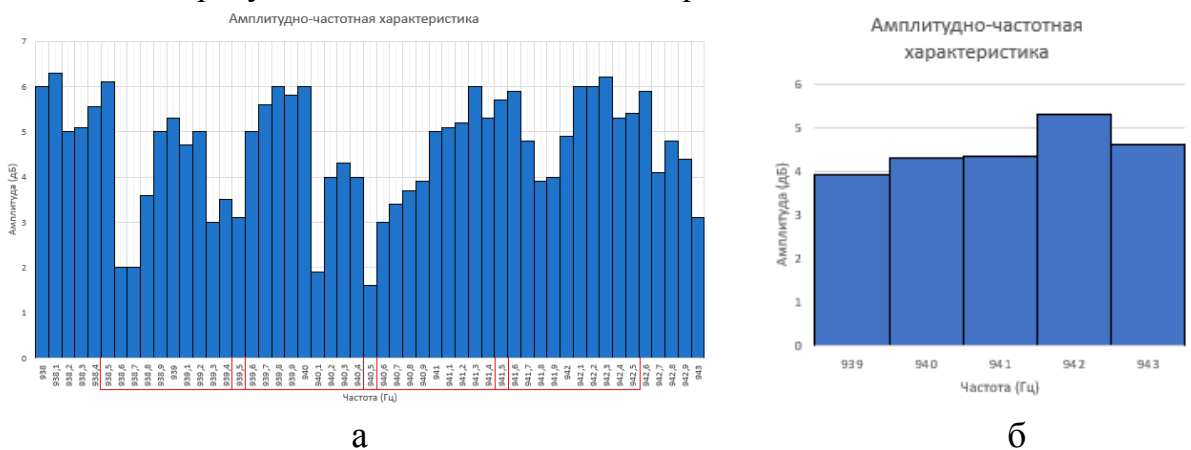


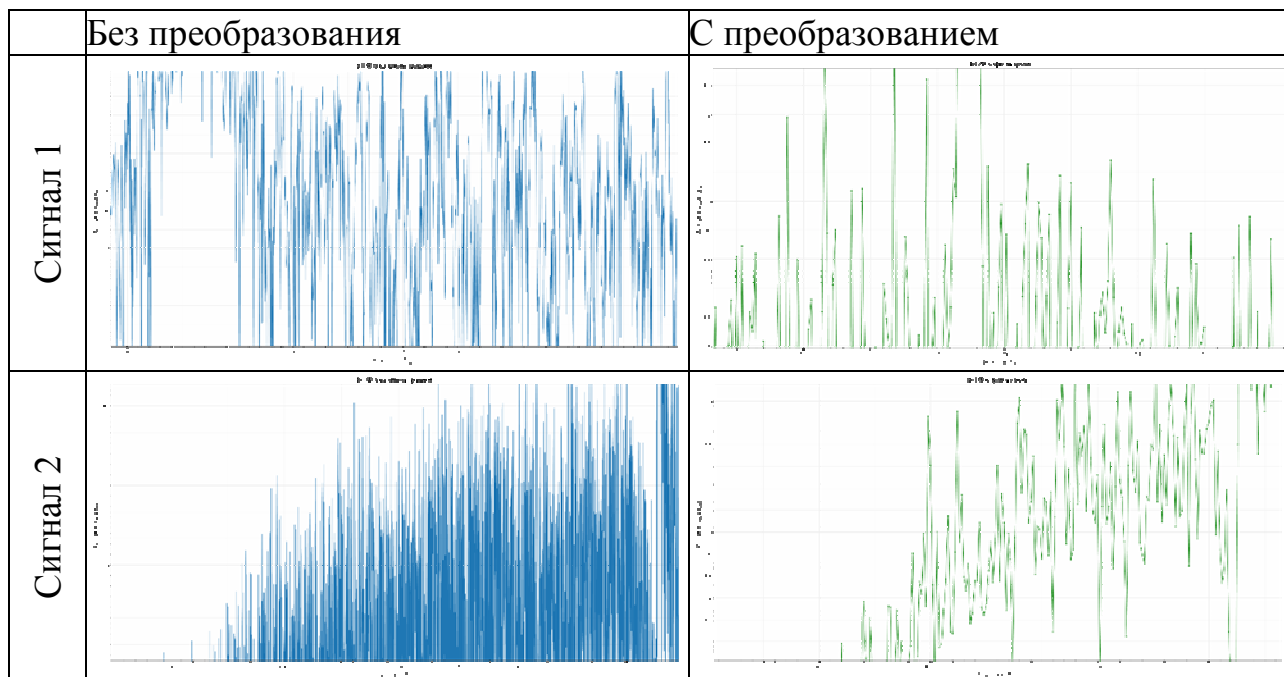
Рис. 1. Примерный график анализируемых частот до усреднения (а) и после усреднения (б)

Хэш сигнала будет получаться по следующему правилу. Дополнительно вводится понятие хэшрейта, которое обозначит количество частот, которые будут содержаться в одном анализируемом участке. К примеру, сигнал при 4800 Гц и хэшрейте 100 Гц будет иметь 48 таких участков. На каждом таком участке выбирается позиция частоты с самым большим показателем. В данном случае диапазон значений составит $[0; 99]$. В итоге получается набор двухзначных чисел (с ведущим нулем), который будет характеризовать конкретный сигнал. И его можно привести к строковому виду. Обратное преобразование из строки в

набор чисел будет происходить выбором по два символа. Пример обработки двух сигналов одного стандарта шифрования приведен в Таблице.

Таблица

Сравнение спектрограмм сигналов до и после усреднения



Сравнение двух хэшей происходит путем нахождения разницы на каждом из соответствующих участков. И чем меньше будет средняя разница на всех участках, тем ближе анализируемый сигнал будет к эталонному. Причем явно будут совпадать хэши сигналов с одинаковой частотой дискретизации. Для разных частот придется использовать несколько иной метод. Но в случае полного совпадения хэшей эффективность будет $O(1)$ для такого алгоритма.

Заключение

Перспектива развития такого алгоритма будет заключаться в возможности внедрения в аппаратные системы для радиотехнической разведки. На данный момент уже разработана программа, позволяющая в режиме реального времени просматривать практически весь диапазон радиочастот и анализирующая сигналы на этих частотах.

Использование хэшей может сильно упростить распознавание сигналов с примерно одинаковой амплитудно-частотной характеристикой. Вероятность возникновения коллизий будет исследоваться в дальнейшем.

Список литературы

[1] Babanov I.A., Andreev R.A., Fedorov A.S. SDR for testing LTE/NR network node based on specified procedures. *International journal of Professional Science*, 2020, №12, pp. 102-104.

[2] Бархатов В.А. Обнаружение сигналов и их классификация с помощью распознавания образов. *Дефектоскопия*, 2006, №4, с. 28.

[3] Коберниченко В.Г. Основы цифровой обработки сигналов : учеб. пособие ; М-во науки и высш. образования рос. Федерации, Урал. Федер. ун-т. — Екатеринбург : изд-во Урал. ун-та, 2018. — 150 с.

[4] Коротков В. Ф., Зырянов Р. С. Алгоритм распознавания типа источника радиоизлучения с использованием радиальных базисных функций. Известия вузов России. Радиоэлектроника 2017, № 1. С. 12—16

Панферов Олег Дмитриевич – студент ИУК6-21 КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: iampanf@yandex.ru

Потапов Алексей Вячеславович – КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: 2furius@gmail.com

БИОМЕТРИЧЕСКАЯ АУТЕНТИФИКАЦИЯ ПО РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКЕ ГЛАЗА КАК СПОСОБ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ.

С развитием информационных технологий и увеличением пользователей, хранить данные намного проще облачно, на цифровых носителях. Но таким данным также нужна защита, возможно более сильная защита, чем бумажным. Чтобы информацию о данных пользователя, никто не смог просмотреть, кроме него, были созданы биометрические способы защиты. Развитие информационной биометрии начинается примерно с 80-х годов прошлого века

Ключевые слова: *Безопасность, данные, хранилище, защита, биометрические данные, аутентификация, радужная оболочка глаза, защита информации.*

Метод сканирования радужной оболочки: для получения уникальной записи о радужке камера делает запись частотой примерно 30 кадров в секунду. Если различимый свет освещает радужную оболочку, и это позволяет видеокамере сфокусироваться на радужке. Одна из записей затем оцифровывается и сохраняется в базе данных зарегистрированных пользователей. Вся процедура занимает несколько секунд, и она может быть полностью компьютеризирована при помощи голосовых указаний и автофокусировки. Камера может быть установлена на расстоянии от 10 см до 1 метра, в зависимости от сканирующего оборудования. В аэропортах, например, имя пассажира и номер рейса сопоставляются с изображением радужной оболочки, никакие другие данные не требуются. Размер созданного файла, 512 байт с разрешением 640 x 480, позволяет сохранить большое количество таких файлов на жестком диске компьютера

Преимущества данной вида защиты информации:

1. Точность. Процент ложных срабатываний при аутентификации равен 1,8, что является самым низким показателем среди большинства биометрических средств. В биометрии при расчёте точности метода учитываются ошибки первого и второго рода (FAR и FRR).

FAR (False Acceptance Rate) — вероятность ложного допуска объекта

FRR (False Rejection Rate) — вероятность ложного отклонения объекта Эти два понятия тесно связаны, так как уменьшение одной ошибки ведёт к увеличению другой. Поэтому разработчики биометрических систем стараются прийти к некому балансу между FAR и FRR^[1]

2. Обнаружение обмана При выполнении аутентификации биометрический терминал “обращает внимание” на движение радужной оболочки. Если субъект находится в бессознательном состоянии, аутентификация не удастся.

3. Стабильность. Радужка (в отличие от сетчатки глаза) остаётся неизменной на протяжении всей жизни.

4. Безопасность. Из-за уникальных узоров радужной оболочки, её очень тяжело подделать, что обеспечивает высокий уровень защиты.

5. Скорость. Время анализа и расшифровки изображений сканером составляет всего 30 миллисекунд. Биометрическая технология на основе использования уникальности радужной оболочки является более быстрым методом аутентификации, чем другие, благодаря меньшему времени расшифровки изображений.

6. Простое и быстрое использование. Человеку нужно просто стать перед камерой - сканирование будет выполнено мгновенно - от пользователя не требуется никаких специальных навыков.^[2]

Недостатки:

1. Высокая стоимость используемых технологий
2. Физические помехи при сканировании, если пользователь носит очки (особенно солнцезащитные или цветные)

Несмотря на то, что этот способ защиты один из самых надежных, он также уязвим. Один из возможных проблем распознавания радужки является механическое влияние на сканирование. Например, линзы на глазах или слишком резкие движения. Также слишком большое расстояние для распознавания может создать трудности для корректного анализа данных. Однако эти проблемы можно предотвратить на физическом уровне.

Основную потенциальную угрозу на уровне сенсора представляют атаки spoofing — это обман биометрических систем путем предоставления биометрическому сенсору копий, муляжей, фотографий. Цель атаки спуфинга при верификации — представление незаконного пользователя в системе как законного, а при идентификации — добиться необнаружения индивидуума, содержащегося в базе данных. Противодействия атакам спуфинга более трудны, так как злоумышленник непосредственно имеет контакт с сенсором и невозможно использовать криптографические методы защиты.^[3]

Бороться со спуфингом можно с помощью:

1. Анализа отраженного света от поверхности глаза Популярный метод, так как есть возможность скрытой проверки. Недочет в том, что на фотографию или копию можно нанести средство, сравнимое с глазом по отражающей способности.
2. Исследованием изменения положения зрачка и качеством фотографии при разном освещении.^[4]

Заключение

Среди знаменитых способов биометрической аутентификации самым надёжным считается распознавание по радужной оболочке глаза У данного способа много преимуществ, в особенности безопасность, скорость и удобство. Касательно недостатков и возможных атак на данные, по сравнению с остальными методами биометрической аутентификации нет значительных недостатков.

Список литературы

[1] Аутентификация по радужной оболочке глаза – Wikipedia [Электронный ресурс], 2022. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%83%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%BF%D0%BE_%D1%80%D0%B0%D0%B4%D1%83%D0%B6%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%B5_%D0%B3%D0%BB%D0%B0%D0%B7%D0%B0

[2] Преимущества биометрической аутентификации по радужной оболочке глаза – Worldvision [Электронный ресурс], 2019. URL: <https://worldvision.com.ua/ru/preimushchestva-biometricheskoy-autentifikatsii-po-raduzhnoy-obolochke-glaza/>

[3] Средства аутентификации по радужной оболочке глаза – Evkova [Электронный ресурс], URL: <https://www.evkova.org/referaty/sredstva-autentifikatsii-po-raduzhnoj-obolochke-glaza>

[4] Харитонов АВ. – Способы противодействия атакам на биометрическую систему распознавания радужной оболочки глаза / АВ. Харитонов // «Методы и системы защиты информации, информационная безопасность. – 2013. – С. 5

Геворгян Элен Артаковна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: el.gev2005@gmail.com

Научный руководитель: Потапов АВ. к.т.н., доцент кафедры ИУК6 «Защита Информации» E-mail: potapov@bmstu.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

В современном мире, когда большинство аспектов нашей жизни перешло в цифровую среду, защита персональных данных стала одним из наиболее актуальных и сложных вопросов для общества. Безопасность персональных данных - мера защиты информации, которая может идентифицировать конкретного человека. Это могут быть такие данные, как имя, фамилия, адрес, паспортные данные, номер телефона, адрес электронной почты, данные кредитной карты и многое другое.

Ключевые слова: безопасность, персональные данные, защита информации, угрозы для персональных данных, правовые акты.

Основные угрозы для персональных данных:

Киберпреступность: хакеры и киберпреступники могут попытаться взломать системы, которые содержат персональные данные, чтобы получить доступ к этим данным и использовать их в своих целях.

1. Фишинг: мошенники могут использовать электронную почту, социальные сети и другие методы для получения доступа к персональным данным пользователей, например, пароли и номера кредитных карт.

2. Недобросовестные сотрудники: сотрудники компаний могут иметь доступ к персональным данным и использовать их для личных целей или продать их третьим лицам.

3. Недостаточная защита данных: отсутствие должного уровня защиты, такой как слабый пароль, неактуальное программное обеспечение, может привести к утечке персональных данных.

4. Социальная инженерия: злоумышленники могут использовать манипуляции над людьми для получения доступа к персональным данным, например, введя их в заблуждение, чтобы они сообщили им данные или убедить их установить вредоносное программное обеспечение.

Методы защиты персональных данных:

1. Использование антивирусного ПО, которое помогает защитить устройства от вредоносных программ и хакерских атак. Оно может обнаруживать и блокировать попытки взлома и шпионажа.

2. Использование надежных паролей для доступа к устройствам, аккаунтам и приложениям является важным аспектом защиты персональных данных. Рекомендуется использовать длинные и сложные пароли, а также использовать различные пароли для разных аккаунтов.

3. Двухфакторная аутентификация (2FA) и многофакторная аутентификация (MFA) - это методы, которые помогают защитить аккаунт путем использования дополнительных шагов аутентификации, помимо пароля.

4. Регулярное обновление ПО на устройствах и в приложениях может помочь исправить уязвимости, которые могут использоваться злоумышленниками для доступа к персональным данным.

Законодательство в области безопасности персональных данных:

Основным законодательным актом в этой области является Федеральный закон "О персональных данных" №152-ФЗ, принятый в 2006 году. Он устанавливает правила сбора, обработки, хранения и использования персональных данных граждан РФ, а также права граждан на доступ к своим персональным данным и контроль за их использованием.

Кроме того, в России существуют ряд других законодательных актов, регулирующих обработку персональных данных, включая:

1. Закон "Об информации, информационных технологиях и о защите информации" №149-ФЗ, который устанавливает требования к защите информации в целом, включая персональные данные.

2. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях, который устанавливает ответственность за нарушение требований законодательства о персональных данных.

3. Уголовный кодекс Российской Федерации, который устанавливает уголовную ответственность за нарушение правил обработки персональных данных.

4. Постановление Правительства РФ "Об утверждении требований к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных" №1119, которое содержит детальные требования к организациям, обрабатывающим персональные данные.

Помимо Федерального закона "О персональных данных", в РФ также действуют другие нормативно-правовые акты, регулирующие вопросы безопасности персональных данных, такие как Постановления Правительства РФ, приказы ФСБ и других организаций.

Для улучшения безопасности персональных данных необходимо принимать комплекс мер, включающий следующие практики:

1. Проведение аудитов безопасности для оценки эффективности мер безопасности и выявления уязвимостей в системах обработки персональных данных.

2. Установление ролей и прав доступа сотрудников организации, которые имеют доступ к персональным данным. Кроме того, необходимо использовать надежные пароли и механизмы аутентификации.

3. Обеспечение безопасности сетевых и информационных систем, используемых для обработки персональных данных. Необходимо устанавливать меры защиты, такие как антивирусное программное обеспечение, брандмауэры, шифрование данных.

4. Регулярное обучение сотрудников правилам обработки и защиты персональных данных, чтобы снизить вероятность несанкционированного доступа или утечки данных из-за ошибок персонала

Принятие этих мер поможет снизить риски утечки или несанкционированного доступа к персональным данным и повысит безопасность их обработки.

Заключение

Проблема безопасности персональных данных является серьезной и требует непрерывного внимания и усилий. Правильное использование существующих методов и подходов к защите персональных данных, а также обучение сотрудников организаций и компаний правилам безопасности персональных данных является важной задачей для современного информационного общества

Список литературы

[1] Защита персональных данных: угрозы, способы и средства обеспечения информационной безопасности – Smart-Soft Team [Электронный ресурс], 2020. URL: <https://www.smart-soft.ru/blog/praktika-sozdanie-sistemy-zaschity-personaljnuyh-dannyh/>

[2] Меры по защите персональных данных сотрудников – Клерк [Электронный ресурс], 2020. URL: <https://www.klerk.ru/buh/articles/504418/>

[3] Нормативные правовые акты в области персональных данных – Роскомнадзор [Электронный ресурс], 2023. URL: <https://77.rkn.gov.ru/law/p4735/>

[4] Хакерская атака: понятие и виды. советы по защите персональных данных и компьютера – Законное право [Электронный ресурс], 2020. URL: <https://yarkultura.ru/uk-i-koap/hakerskaya-ataka-ponyatie-i-vidy-sovety-po-zashhite-personalnyh-dannyh-i-kompyutera.html>

Павел Николаевич Матюшин – студент КФ МГТУ имени Н.Э. Баумана
E-mail: mpn22ki186@student.bmstu.ru

Научный руководитель: Потапов АВ. к.т.н., доцент кафедры ИУК6 «Защита Информации» E-mail: potapov@bmstu.ru

НЕОБХОДИМОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ TLS1.3 С ECH (ЗАШИФРОВАННОЕ КЛИЕНТСКОЕ РУКОПОЖАТИЕ) ДЛЯ ПОБОЧНЫХ КАНАЛОВ ИНТЕРНЕТ СЕРВИСОВ

Введение

При доступе к интернет-сервису, между клиентом и сервером устанавливается несколько сетевых соединений с различными побочными каналами, которые необходимы для разгрузки основного канала. Побочные каналы, в основном, используют протокол безопасности транспортного уровня TLS 1.2 или более ранние версии, в которых не поддерживается шифрование SNI (Server Name Identification). Кроме того, информация, передаваемая сторонними каналами, может быть косвенно использована для атаки на основной канал. В данной работе рассмотрим пути повышения быстродействия и защищённости побочных каналов интернет сервисов.

Обоснования для использования TLS1.3+ECH на побочных каналах

На сегодняшний день TLS является широко используемым протоколом безопасности транспортного уровня. Стандарт HTTPS (HTTP через TLS) использует протокол TLS для обеспечения сквозного безопасного канала и передачи зашифрованного HTTP-контента. В TLS1.2 множество метаданных, таких как идентификаторы конечных точек и то, как они используют соединения, доступны для сетевых наблюдателей. На рис. 1, продемонстрирована последовательность сообщений между клиентом и сервером, а также степень секретности шифрования сообщений, которыми обмениваются при различных рукопожатиях TLS (TLS 1.2, TLS 1.3 и TLS 1.3 + ECH).

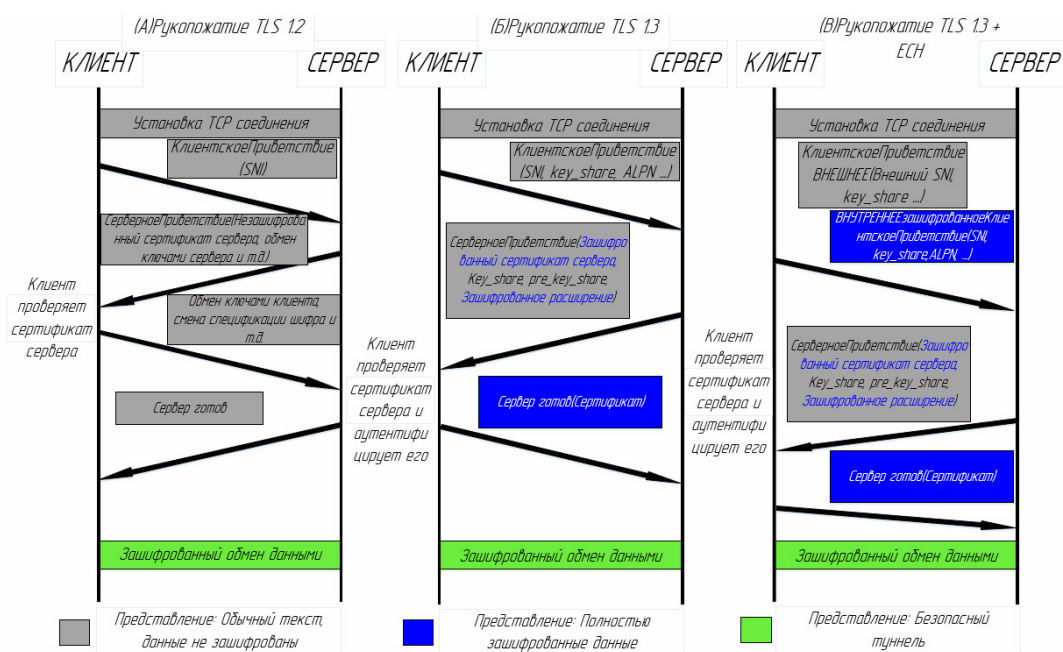


Рис. 1. Последовательность сообщений между клиентом и сервером, а также режим шифрования сообщений

Сравним скорость работы протоколов TLS 1.2 и TLS 1.3 ECH с помощью инструмента командной строки HTTPSTAT (рис. 2).

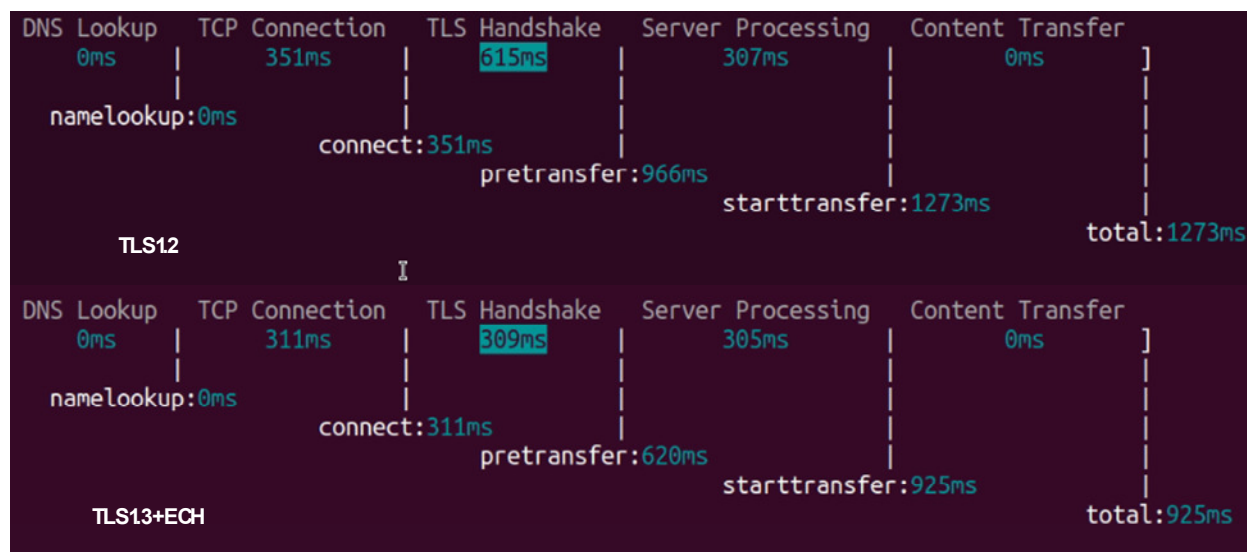


Рис. 2. Замеры скорости рукопожатия TLS1.2 относительно TLS1.3 ECH

При TLS 1.2 мы получаем 600 мс задержки, а при TLS 1.3 ECH — 300 мс. То есть протокол TLS1.3 ECH работает почти на 200% быстрее своего предшественника, используя записи SVCB, а поля SNI и ALPN остаются скрыты.

На побочных каналах с TLS 1.2 идентификатор хоста остается открытым из-за того, что файл SNI передается в виде простого текста. Анализируя HTTP-команды интернет-сервиса YouTube, удалось собрать его побочные каналы (fonts.gstatic.com (TLS 1.2), yt3.ggpht.com (TLS 1.2), i.ytimg.com (TLS 1.2), pagead2.google syndication.com (TLS 1.2)).

Для извлечения IP-адресов источника и получателя, номеров портов, версии TLS, SNI и размера передаваемых данных из сетевых журналов, записанных для данной интернет-службы, был использован скрипт sniproxy. Он компилирует извлеченную информацию в формате CSV. В табл. 1 показан фрагмент извлеченной информации для сервиса YouTube. Полученный побочный канал использует TLS 1.2. Данный эксперимент подтверждает, что побочные каналы по-прежнему используют более раннюю версию TLS, и поэтому их сервисную связь можно легко идентифицировать.

Таблица 1.

Информация о подключении TLS для сервиса YouTube, передающего потоковые данные по защищенному каналу

Версия TLS	SNI	Исходный IP	IP-адрес назначения	Исходный порт	Порт назначения	Протокол	Размер скачанных данных (байт)	TLS-сессия (продолжительность)
TLS_1_2	i.ytimg.com	192.168.0.21	54.194.22.174	50273	443	TCP	29968	0,6282680035

Манипулирование трафиком на побочных каналах посредством утечки незасекреченной информации

Проанализируем зависимость и влияние на производительность службы (основной канал) при ограничении или блокировке выявленных побочных каналов [1]. Для текущего исследования, используем потоковый сервис YouTube.

ПО, необходимое для проведения эксперимента:

1. Формирователь трафика (для блокировки/ограничения трафика на вторичных каналах);
2. Шейпер трафика (для записи активности данных в интернете при различных подключениях клиента для данной службы потоковой передачи).

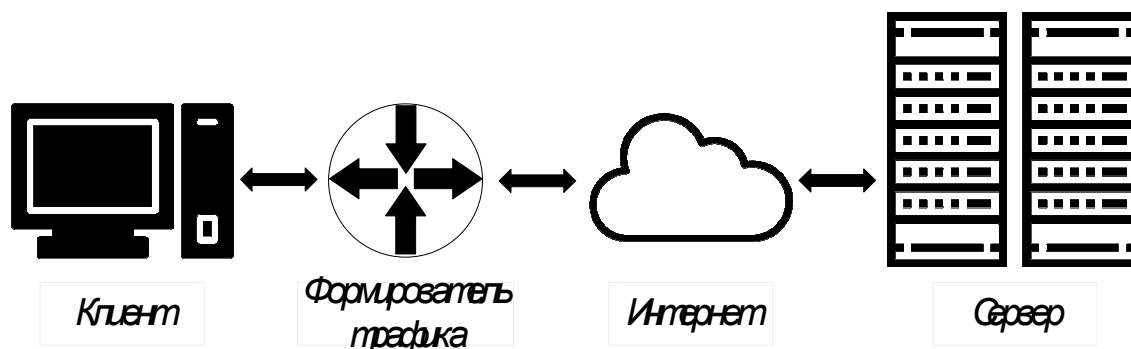


Рис. 3. Схема экспериментальной установки

Побочный канал, связанный со службой YouTube был обнаружен, путем поиска соединений с использованием TLS 1.2 и считывания их SNI из журнала трафика для данного потокового сервиса

Были проанализированы эффекты блокирования побочных каналов для следующих сценариев:

- блокировка/ограничение побочных каналов перед запуском веб-сервиса, например, перед запуском видео;
- блокировка/ограничение побочных каналов при включенном веб-сервисе, например, во время текущего воспроизведения видео.

При обычной работе видеохостинга YouTube, пропускная способность основного канала составляет 4-5 Мбит/с, а побочного 600-800 Кбит/с (рис. 4). После блокировки побочных каналов во время работы проигрывателя или перед запуском видео на YouTube, потоковая передача продолжается со скоростью загрузки данных 4-5 Мбит/с (рис. 5). Однако, миниатюры рекомендуемых видео, рекламы, иконки и preview не отображаются в окне браузера, это связано с перегрузкой побочного канала (рис. 6). Мошенники могут использовать такие лазейки в корыстных целях, например, для понижения популярности определённого интернет-сервиса. Из этого следует, что побочные каналы YouTube предназначены для передачи рекламных материалов и медиа контента с малой нагрузкой. Основной канал сервиса предназначен для воспроизведения базового контента. Результаты работы программы NetEnforcer, анализирующей трафик, представлены на рисунках 4 и 5.

В результате эксперимента выявлено, что многие популярные сервисы используют TLS 1.2 для побочных каналов, что позволяет легко идентифицировать их и найти связь с первичным каналом. Очевидно, что невозможно идентифицировать основной канал, связанный со службой, когда его SNI замаскирован. До тех пор, пока злоумышленник может идентифицировать побочный канал - основной канал находится под угрозой.

Обобщение и оценка результатов

В соответствии с результатами проведенного исследования было выявлено, что использование протокола безопасности транспортного уровня TLS1.3 с ECH позволит повысить защищенность побочных каналов, за счёт шифрования полей SNI и ALPN при установке соединения. Также, TLS1.3 с ECH обладает высокой скоростью, относительно своих предшественников, так как данные, которыми обменивается клиент и сервер, инкапсулируются и передаются в формате SVCB. Таким образом, можно сделать вывод, что использование протокола TLS1.3 с зашифрованным клиентским рукопожатием, обеспечивает хорошую производительность, а также повышает защищенность побочных каналов интернет сервисов.

Список литературы

[1]. Ляхов А В. Уязвимости протоколов SSL/TLS / А В. Ляхов, Н. Г. Касьяненко // Информационные системы и технологии в моделировании и управлении : Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского, Ялта, 21–23 мая 2018 года / Ответственный редактор К.А. Маковейчук. – Ялта: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2018. – С. 185-188.

[2]. Бикмухамедов, Р. Ф. Адаптация пространства признаков для классификации HTTPS трафика с активной ESNI опцией / Р. Ф. Бикмухамедов, А Ф. Надеев // III Научный форум телекоммуникации: теория и технологии ТТТ-2019 : Материалы XXI Международной научно-технической конференции, Казань, 18–22 ноября 2019 года Том 1. – Казань: Казанский государственный технический университет им. АН. Туполева, 2019. – С. 294-295.

[3]. Клиндух, О. В. Анализ обеспечения криптографической защиты удаленного сбора данных экспертов на основе протокола TLS / О. В. Клиндух, А А Рычкова // Теоретические и практические аспекты формирования и развития "Новой науки" : Сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции, Самара, 22 июня 2022 года – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2022. – С. 37-42.

Михайлов Алексей Сергеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: mikhailow.aleksei2018@yandex.ru

Вершинин Евгений Владимирович – канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия. E-mail: vershinin@bmstu.ru

АТАКА ДЕАУТЕНТИФИКАЦИИ WI-FI НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ESP8266

В данной статье рассмотрены проблемы создания и реализации атаки деаутентификации на базе микроконтроллера ESP8266.

Ключевые слова: микроконтроллер, ESP8266, Wi-Fi, deauth attack, атака деаутентификации, jammer, глушилка

Микроконтроллеры широко используются во многих сферах, начиная от промышленного оборудования и заканчивая бытовыми приборами. Они представляют собой небольшие вычислительные устройства с встроенной памятью и возможностью управлять периферийными устройствами, такими как датчики и исполнительные механизмы.[1] В этой статье мы рассмотрим атаку деаутентификации с использованием микроконтроллера ESP8266. Он является одним из самых популярных и дешёвых микроконтроллеров на рынке, а также имеет встроенный Wi-Fi модуль.[2]

Глушилки сигнала (англ. signal jammers) — это электронные устройства, которые блокируют или нарушают радиосвязь между передатчиком и приемником, иными словами, гасят сигналы мобильных телефонов, радиостанций, Wi-Fi, GPS-приемников и т.п. Они могут использоваться в различных сферах, в том числе в военных, правоохранительных и деловых целях.

Способы глушения wi-fi сигнала:

Глушение Wi-Fi и Deauth-атаки — это два способа нарушить работу беспроводной сети. Однако, эти методы имеют существенные различия.

1) **Глушение Wi-Fi** — это процесс, при котором нарушитель передает сигналы на той же частоте, что и сигналы Wi-Fi, что приводит к искажению оригинального сигнала и ухудшению качества связи. В результате, пользователи могут испытывать проблемы с подключением к сети, буферизации потоков и длительной задержкой. Вмешаться в работу Wi-Fi можно, используя специальное оборудование, такое как генератор помех, радиоактивный облучатель, джаммер сигнала и т.д.

2) **Deauth-атака** (от англ. Deauthentication attack) - это метод нарушения работы беспроводной сети, при котором нарушитель создает специальный пакет, который отправляет клиентскому устройству, подключенному к сети, который сообщает ему, что его аутентификационная информация недействительна и отключает клиентское устройство от сети. Это приводит к тому, что пользователь не может подключиться к сети и теряет доступ к данным, связанным с этой сетью. Deauth-атака может осуществляться через программу на ПК, такую как Aircrack-ng и т.п., но также может быть реализована и на других устройствах, таких как микроконтроллеры, например, на ESP8266. Реализация Deauth-атаки на данном микроконтроллере возможна с использованием специализированных библиотек или прошивок, таких как ESP8266 WiFi или Deauther 2.0, которые позволяют создавать пакеты деаутентификации и отправлять их на Wi-Fi

сеть.[3] Также необходимо учитывать, что ESP8266 может работать только в диапазоне 2,4 ГГц. Поэтому необходимо убедиться, что целевое устройство работает на соответственной частоте. В противном случае атака просто не сработает.[4]

Что такое атака деаутентификации вкратце?

1) Атака деаутентификации — это тип атаки, нацеленный на обмен данными между маршрутизатором и устройством.

2) Атака деаутентификации не является какой-то особой уязвимостью ошибки. Это созданный протокол, который используется в реальных приложениях.

3) Атака деаутентификации использует фрейм деаутентификации. Этот кадр, отправленный с маршрутизатора на устройство, заставляет устройство отключаться.

Возможно ли защититься от данной угрозы?

Кадры деаутентификации, как и все другие кадры управления 802.11, не шифруются.

Как мы заметили, любой может создать кадры деаутентификации или любой другой фрейм управления.

802.11w был реализован для решения этой проблемы, позволяя создавать защищенные кадры управления (PMF). Если устройство требует PMF, но получает незапрошенный кадр управления (например, деаутентификацию), оно может его игнорировать. Так что возможность защиты имеется и это не может не радовать.[3]

Заключение

1) Атаки с деаутентификацией являются эксплойтом. Старая точка доступа может помешать использовать новейшие функции безопасности. В конце концов, ожидается, что Wi-Fi будет безупречно работать со всеми устройствами без перебоев.[5]

2) Сам ESP8266 Deauther может стать отличным началом. Он доступен по цене и относительно прост в использовании. С его помощью вы сможете протестировать свою домашнюю сеть (сети) и устройства и получить отличную отправную точку для дальнейших исследований.[5]

Список литературы

[1] Microcontroller — [Электронный ресурс]. — URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Microcontroller> (дата обращения: 01.04.2023).

[2] ESP8266 — [Электронный ресурс]. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP8266> (дата обращения: 01.04.2023).

[3] Глушилка WiFi сигнала на ESP8266 — [Электронный ресурс]. — URL: https://spy-soft.net/wifi-jammer/#_Dstike (дата обращения: 01.04.2023).

[4] Why the Deauthentication Attack isn't working — [Электронный ресурс]. — URL: <https://blog.spacehuhn.com/deauth-attack-not-working> (дата обращения: 01.04.2023).

[5] ESP8266 Deauther – [Электронный ресурс]. – URL: <https://deauther.com/docs/about> (дата обращения: 01.04.2023).

Тюрин Максим Сергеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: sfgum22@gmail.com

Звягин Михаил Геннадьевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: misha.zvyagin.03@mail.ru

Научный руководитель: Потапов Алексей Вячеславович – КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: potapov@bmstu.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MATLAB SIMULINK

В этой статье представлена конструкция эффективного интеллектуального глушителя для подавления сигналов 4G, в частности полос 3 и 40. Для анализа схемы был использован инструмент MATLAB Simulink. Simulink, усовершенствованный инструмент, дает точные результаты, сравнимые с анализом в реальном времени. Набор инструментов DSP библиотеки Simulink в основном использовался для построения и просмотра результатов модели. Основной целью данной статьи является прием сигналов LTE, фильтрация полосы 3 и полосы 40, добавление шума и увеличение амплитуды сигнала

Ключевые слова: *полоса 3 (FDD-LTE), полоса 40 (TDD-LTE), 4G, MATLAB Simulink, глушитель помех.*

Глушители изобретены для военного и гражданского применения, чтобы обезопасить технологию связи. Устройство для создания помех не позволяет мобильным телефонам принимать сигналы от базовых станций. Эти устройства используются в местах, где телефонный звонок был бы нежелательным. Существуют и другие устройства для подавления помех, такие как:

- интеллектуальные устройства отключения сотовой связи;
- интеллектуальные устройства для отключения маяков;
- глушители прямой передачи и приема;
- пассивные помехи EMI Shield.

Глушители ограничивают использование мобильных телефонов, передавая радиоволны на тех же частотах, что и частоты мобильной связи, создавая помехи и делая телефоны непригодными для использования. Существует множество методов подавления радиочастотных (РЧ) сигналов, таких как подмена, экранирующие атаки, отказ в обслуживании и т.д. [1]

В этой статье рассматривается разработка и внедрение двухдиапазонного глушителя 4G для подавления мобильной телефонной связи в диапазонах 4G. Это устройство блокирует полосу 3 (дуплексирование с частотным разделением (FDD – LTE) и полоса 40 (дуплексирование с временным разделением (TDD – LTE)). Существуют различные методы множественного доступа, такие как:

- множественный доступ (TDMA), при котором несколько пользователей могут отправлять данные в отдельные временные интервалы с одинаковой частотой;
- множественный доступ с частотным разделением (FDMA), при котором пользователи могут отправлять данные одновременно на разных частотах, и последним является;

- множественный доступ с кодовым разделением (CDMA), при котором пользователи могут отправлять данные в одно и то же время и с одинаковой частотой, используя разные коды;

- мультиплексирование с частотным разделением каналов (FDM) используется для назначения каналов в соответствии с шаблонами при наименьших средних затратах энергии. [2]

Предлагаемая методика проста и экономически эффективна. Разработанный глушитель состоит из схемы обнаружения для определения частоты восходящей линии связи; как только частота обнаружена, сигнал нисходящей линии связи глушится. Схема запуска настроена вверх, чтобы включить схему только при обнаружении сигнала, тем самым уменьшая преобразование мощности, схема подавления срабатывает от напряжения триггерной цепи, которое добавляет шум и усиливает сигнал перед передачей.

Моделирование глушителя

Любой сигнал в окружающей среде будет улавливаться антенной, которая затем направит сигнал в подходящий микроконтроллер, содержащий кодирующую часть конструкции. Сигналы, подлежащие подавлению, изолируются частотными фильтрами. Эти сигналы, если они присутствуют в окружающей среде, запускают модулятор и действуют как входные данные в модулирующую схему. В этих модуляторах входной сигнал модулируется случайным шумовым сигналом, а затем мощность результирующего выходного сигнала усиливается. Усиленный сигнал улавливается электронными устройствами вместо исходного сигнала и глушится.

Схема разделена на три части, а именно обнаружение, срабатывание и подавление помех. Схема содержит генераторы синусоидальных волн, которые представляют мобильные сигналы, присутствующие в реальном мире, схему обнаружения, схему запуска, схему подавления помех, временные рамки и блок питания GUI. Сигнал проходит через фильтры в подсистеме обнаружения и фильтруется в соответствии с полосами пропускания. Отдельные фильтры используются для определения частот восходящей и нисходящей линий связи в диапазоне. Частоты восходящей линии связи используются в качестве входных данных для триггера, который выдает напряжение постоянного тока. Частоты нисходящей линии связи усиливаются, а затем к ним добавляется шум, и они передаются вместе. [3]

Схема запуска состоит из полноволнового выпрямителя, переключателя и 5-вольтового источника постоянного тока, подключенного к выключателю. Переключатель работает как компаратор для сравнения входного напряжения с фиксированным пороговым значением. Если вход превышает пороговое значение, к нему подключается выходной источник питания 5 В. Отфильтрованный сигнал после прохождения через выпрямитель полной волны всегда больше 1 В. При прохождении через переключатель порогового напряжения 1 В выдает напряжение постоянного тока 5 В, если амплитуда выпрямленной волны больше 1 В или иначе выход равен 0 В. Напряжение от пусковой цепи приводит в действие схему подавления помех. Питание 5 В от схемы запуска включает подсистему.

тому, которая работает при условии, что она запускается положительным напряжением, которая усиливает и добавляет шум к сигналу и передает его. Если триггера нет, то на выходе будет 0 В, что делает схему глушения неактивной. Если фильтры обнаруживают определенную частоту, то срабатывает схема запуска и включает глушитель. Следовательно, снижается энергопотребление.

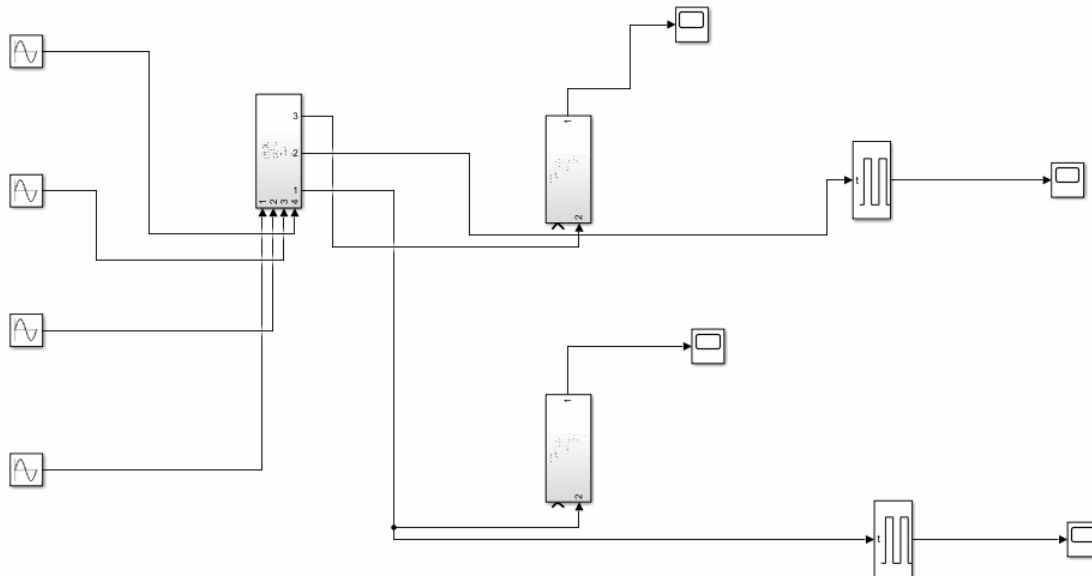


Рис. 1. Общая схема глушителя

На рис. 1 показана общая схема глушителя. Схема детектора с фильтрами, настроенными на конкретные частоты восходящей и нисходящей линий связи полосы 3 (FDD-LTE) и полосы 40 (TDD-LTE) показаны на рис. 2. Для диапазона 4G частоты восходящей и нисходящей линий связи составляют 1710-1785 Гц и 1805-1880 Гц соответственно.

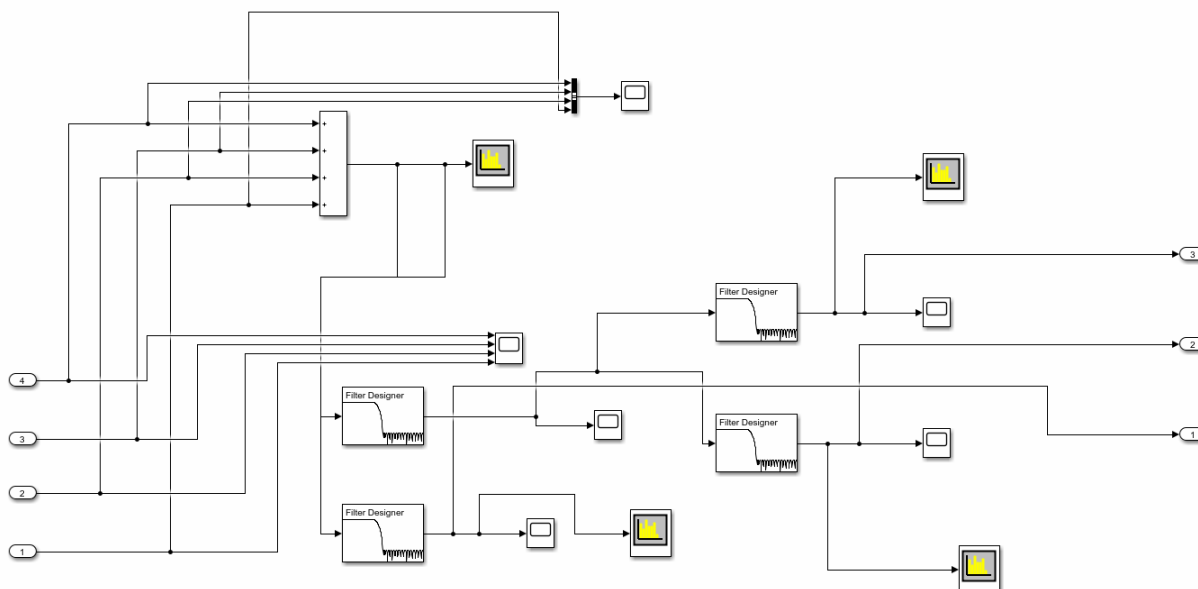


Рис. 2. Схема обнаружения

Для диапазона 4G 40 частота восходящей и нисходящей линий связи составляет 2300-2400 Гц. На рисунке 3 показана схема запуска, используемая для включения схемы глушения

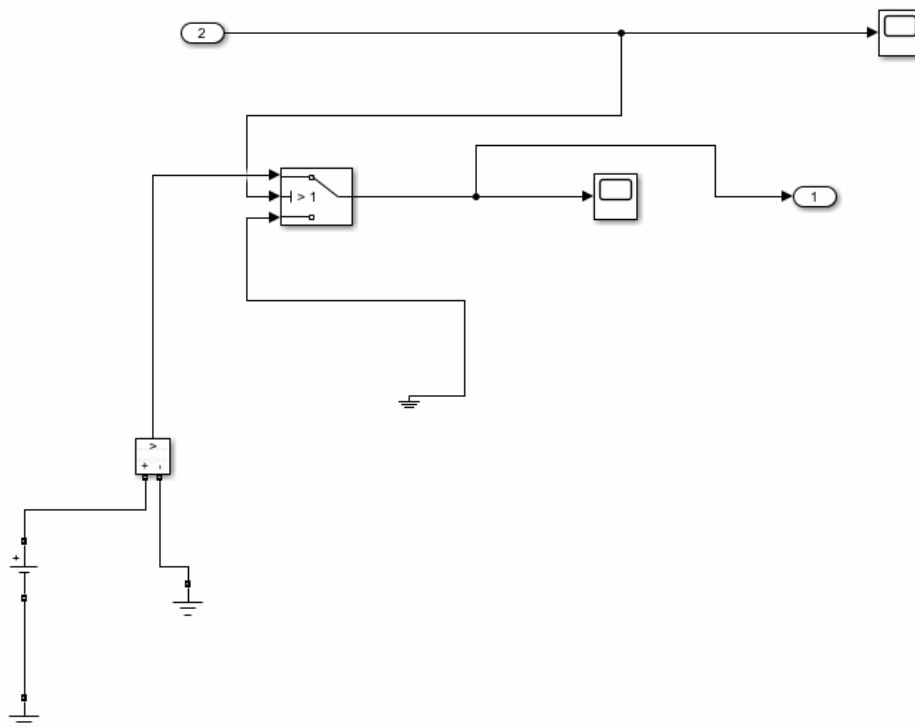


Рис. 3. Схема запуска

Таблица 1.

Отсекающие частоты фильтров

Номер фильтра	Полоса пропускания 1 (МГц)	Полоса пропускания 2 (МГц)	Центральная частота (МГц)
1	1710	1880	1795
2	1710	1785	1747,5
3	1805	1880	1842,5
4	2305	2405	2355

Заключение

В этой статье был предложен вариант автоматизированного глушителя 4G с генераторами волн, детекторами, фильтрами, триггером и схемой подавления помех с использованием MATLAB SIMULINK.

Предлагаемый глушитель блокирует сигналы LTE, особенно полосы 3 и 40. Полноволновой выпрямитель используется для запуска схемы глушения сигналов.

В разработке использовались наборы инструментов MATLAB, такие как наборы инструментов DSP, а также графический пользовательский интерфейс (GUI), который можно использовать для отображения данных.

Предложенная модель глушителя является наиболее перспективным в мобильной связи LTE.

Список литературы

[1] Vidyarani M., Sudhakar Y. Advanced Mobile Phone Signal Jammer for GSM, CDMA and 3G Networks with Prescheduled Time Duration using ARM 7. International Journal of Professional Engineering Studies. 2013 Dec; 1(2):207-10.

[2] Gupta C., Garg C. Analysis of Jammer Circuit. International Journal of Engineering Research and General Science. 2014 Nov; 2(6):758-61.

[3] Hussain A., Nazar N., Aqib A., Qamar S., Zia M., Mahmood H. Protocol-Aware Radio Frequency Jamming in Wi-Fi and Commercial Wireless. Journal of communications and networks. 2014 Aug; 16(4):397-406.

Коломиец София Викторовна – КФ МГТУ имени Н.Э. Баумана E-mail: kolomietssv@student.bmstu.ru

Научный руководитель: Потапов Алексей Вячеславович – КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: potapov@bmstu.ru

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ..... 3

П.В. Мурлина

ВЫБОР ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА С ЧПУ 4

Т.В. Сопроненкова

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК ЛИТЬЕМ 8

Д.А. Талагаев

ВЫБОР МЕТОДА ОБРАБОТКИ ТОЧНЫХ ОТВЕРСТИЙ В АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ 12

С.В. Демкин

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ СВЕРЛЕНИЯ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ НА ПРИМЕРЕ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ ТИПА «ПЛИТА» 15

Д.И. Матвеев

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ШЛИФОВАНИЯ И ТОНКОГО ТОЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ ТИПА «СТУПИЦА» 18

А.В. Романов

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ МАЛОГО ДИАМЕТРА 22

Д.Ш. Мыханова

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ НАРУЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТИПА «ПАЗ» 25

Д.С. Евдокимов

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ НАРУЖНЫХ ШПОНОЧНЫХ ПАЗОВ 28

Н.А. Сложеникин

ВЫБОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «ПЛИТА ВЕРХНЯЯ» 31

К.А. Синяев

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ НЕЖЕСТКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ 34

С.Е. Ремезов

ВЫБОР ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ДЕТАЛИ ТИПА «ФЛАНЕЦ» 38

Е.Д. Охрименко

ВЫЯВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТОЧНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТЕЙ, ОБРАБОТАННЫХ МЕТОДОМ ГАР 41

А.В. Казмин

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО МЕТОДА ЛИТЬЯ ЗАГОТОВКИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ДЕТАЛИ 45

<i>Д.С. Матюшин</i>	
СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВАЛОВ	49
<i>А.И. Анопочкин</i>	
МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ГРУППЫ ТОЧНЫХ ОТВЕРСТИЙ	52
<i>К.А. Гусакова</i>	
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ВЫБОРА КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОСНАСТКИ И АНАЛИЗА СТРАТЕГИИ ОБРАБОТКИ	55
<i>Т.А. Журавлева, Н.Л. Моргунова</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В КАЧЕСТВЕ АБРАЗИВНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ГИДРОАБРАЗИВНОГО РЕЗАНИЯ	60
<i>А.В. Кривов</i>	
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГОТОВКИ ТИПА «ПЛИТА»».....	64
<i>Д.С. Денисова</i>	
МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ШЛИЦЕВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ	67
<i>В.А. Антипин, А.Н. Мальшев</i>	
ОБРАБОТКА ПАКЕТА ЛИСТОВЫХ-ЗАГОТОВОК НА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ ПРОВОЛОЧНО-ВЫРЕЗНЫХ СТАНКАХ.....	71
<i>В.С. Лагута, М.В. Овсянников</i>	
УЧЕТ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ НОМЕНКЛАТУРЫ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ВЫБОРА КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОБОРУДОВАНИЯ ГПС МЕХАНООБРАБОТКИ	75
<i>А.Е. Володин</i>	
СРАВНЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ ОТВЕРСТИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС	85
<i>А.Е. Володин</i>	
ПОЛУЧЕНИЕ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ.....	88
<i>Д.И. Прихоткин</i>	
СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА	92
СЕКЦИЯ 2. ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	95
<i>О.И. Пономарев, А.Г. Орлик</i>	
МЕТОДИКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ 313 СЕРИИ.....	96

СЕКЦИЯ 3. ФИЗИКА КОНДЕНСАТОРНОГО СОСТОЯНИЯ И ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА 101

Ф.В. Тарасенко, Э.В. Кяримов, Д.В. Андреев

СВЧ ДЕЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ С НЕРАВНЫМ АМПЛИТУДНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ 102

М.Е. Филиппович, Д.В. Андреев

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ТРЕХ ТИПОВ ЗАЩИТЫ ВЫВОДОВ МИКРОСХЕМ ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА 109

А.Н. Усачев, Д.В. Андреев

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР В ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ ТИТАНОВОМ ДАТЧИКЕ КИСЛОРОДА, ВЫПОЛНЕННОМ ПО ГИБРИДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ 114

А.С. Двухшерстнов, В.В. Андреев

КОЭФФИЦИЕНТ ПОДАВЛЕНИЯ СИГНАЛА В МИКРОСХЕМАХ АНАЛОГОВЫХ КЛЮЧЕЙ 119

В.М. Гурин, С.А. Адарчин

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЛСТОПЛЕНОЧНЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАГРЕВА 122

И.С. Разумков, В.В. Андреев

ШТЫРЕВЫЕ АНТЕННЫ ВОЗИМЫХ РАДИОСТАНЦИЙ 127

В.В. Андреев, К.М. Голубов, В.М. Гурин

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ МОДЕЛИ ПРИЁМНОГО УСТРОЙСТВА УКВ КАНАЛА СВЯЗИ С ВЕРОЯТНОСТЬЮ ОШИБКИ В КАНАЛЕ ОКОЛО 0,03 132

Я.В. Мельникова, В.В. Андреев

ОСОБЕННОСТИ ЛАЗЕРНОГО МАРКИРОВАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ 136

А.А. Шмелькова, В.В. Андреев

ОЦЕНКА УРОВНЯ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ БАЗОВОГО БЛОКА РАДИОКОМПЛЕКСА СВЯЗИ С ПОСАДОЧНЫМ АППАРАТОМ 139

А.С. Обидина, В.В. Кузнецов

ВЛИЯНИЕ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА НА ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА 143

К.А. Петрухин, В.В. Кузнецов

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ СИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ 146

СЕКЦИЯ 4. ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ И ГИДРОМАШИНЫ 153

К.Р. Крысин, Д.В. Шевелев, Ю.Н. Миронов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЛИНЫ СТРУЕВЫПРЯМИТЕЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА НА КОЭФФИЦИЕНТ ИСТЕЧЕНИЯ ТРУБЫ ВЕНТУРИ 154

<i>А.С. Мкртчян, А.А. Жинов</i>	
ТУРБОАГРЕГАТ ДЛЯ МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНОГО ЗАВОДА.....	159

<i>Н.А. Азаренко, О.Г. Шитохина</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА В ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТУРБОУСТАНОВКИ	162

<i>Е.С. Назаров, Д.В. Шевелев</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ RUPHON ДЛЯ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК КОМПРЕССОРА	166

СЕКЦИЯ 5. МЕТОДЫ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ; АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ 169

<i>И.К. Минин, В.В. Бунина</i>	
АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	170

<i>В.В. Бунина, И.К. Минин</i>	
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭНЕРГЕТИКЕ.....	173

<i>Н.Н. Оленич, Д.Н. Шмелёв</i>	
СОЗДАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРНЕТ МАГАЗИНА НА БАЗЕ МЕССЕНДЖЕРА TELEGRAM	

СЕКЦИЯ 6. ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ..... 180

<i>Е.Д. Готвальд, О.В. Яковлева</i>	
ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ МАКУЛАТУРЫ.....	181

<i>В.В. Силкина, О.В. Яковлева</i>	
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МАСЛОЭКСТРАКЦИОННОГО ЗАВОДА.....	185

<i>Р.Б. Шарафеева, О.В.Яковлева</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МЯСОКОМБИНАТОВ	188

<i>Я.Г. Емельянова, М.И. Морозенко</i>	
СНИЖЕНИЕ ГАЗОВОЙ ЭМИССИИ ОБЪЕКТОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ТКО	192

<i>Д.С. Мазин, Н.М. Пятов, Е.А. Заверткин, Д.Ю. Зубарев, В.С. Шувалов, М.А. Кондрашов</i>	
РАССМОТРЕНИЕ НАИБОЛЕЕ ПОПУЛЯРНЫХ СПОСОБОВ ИЗУЧЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ С ПОМОЩЬЮ БИОИНДИКАЦИИ.....	197

<i>Е.А. Заверткин, Д.Ю. Зубарев, Д.С. Мазин, Н.М. Пятов, В.С. Шувалов</i>	
ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ УРОВНЯ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЗОЛОШЛАКО-ВЫХ ОТХОДОВ УГЛЕЙ ТЕПЛОПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ЧЕРЕПЕТСКОЙ ГРЭС ИМЕНИ Д.Г. ЖИМЕРИНА	201
<i>Л.В. Зинченко, О.В. Яковлева</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ МЕТОДОВ И СХЕМ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ХЛЕБОКОМБИНАТОВ	205
<i>М.Е. Иванова, А.С. Леонтьева, В.А. Гузеева</i>	
МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОЗИИ, ХАРАКТЕРИСТИКА ИНГИБИТОРОВ.....	209
<i>И.П. Шарков</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ	212
<i>Л.Р. Гончарь</i>	
АНАЛИЗ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА НА САМОЛЕТЕ.....	215
<i>С.А. Трунов</i>	
КУЛЬТУРА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	218
<i>В.С. Шувалов, Е.А. Заверткин, Д.Ю. Зубарев, Д.С. Мазин, Н.М. Пятов</i>	
УСОВЕРШЕСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЕЛЫЦЕВАНИЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ЦИНКОВЫХ КЕКОВ В ВЕЛЫЦ-ПЕЧАХ.....	221
<i>Е.А. Заверткин, К.Л. Анфилов</i>	
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ РАСТВОРОВ С РАЗЛИЧНЫМИРН, ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫМИ ОТХОДАМИ УГОЛЬНЫХ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ.....	226
<i>Ю.А. Журавлева</i>	
СРАВНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ	232
СЕКЦИЯ 7. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И КОМПЛЕКСАХ.....	236
<i>В.М. Алакин, А.В. Сидорова</i>	
ДЕМПФИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ВЕДУЩЕГО МОСТА ДЛЯ ТРАКТОРА.....	237
<i>А.С. Котков, М.В. Сидоров</i>	
РАСЧЕТ ОБЩЕЙ КОМПОНОВКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ	240
<i>А.А. Маташинёв, М.В. Сидоров</i>	
КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ.....	243

<i>Д.Р. Кузовков, А.Б. Никишкина</i>	
РАСЧЕТ РАМЫ АВТОМОБИЛЯ В SOLIDWORKS SIMULATION	246
<i>А.А. Маташинёв, А.И. Пономарев</i>	
ПОВЫШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ЗА СЧЁТ РАЗРАБОТКИ ШЕСТИСТУПЕНЧАТОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ КОРОБКИ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ	250
<i>Тинт Наинг Вин, Г.С. Никитин, В.М. Алакин</i>	
МЕТОДИКА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОПЕРЕЧНОГО КРЕНА КУЗОВА ФУРГОНА ГАЗЕЛЬ NEXТ ПРИ КРИВОЛИНЕЙНОМ ДВИЖЕНИИ	255
<i>А.С. Котков, А.И. Пономарев</i>	
ПОВЫШЕНИЕ ТЯГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕДЕЛЬНОГО ТЯГАЧА КАМАЗ 54901 ЗА СЧЕТ УСТАНОВКИ РЕДУКТОРА С ДВОЙНОЙ ГЛАВНОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ С ЧЕРВЯЧНЫМ САМОБЛОКИРУЮЩИМ ДИФФЕРЕНЦИАЛОМ	260
<i>М.Э. Фадеева, С.А. Голубина</i>	
ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ КАБИН ТРАКТОРОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ	264
<i>Д.А. Чудаков, М.Э. Фадеева</i>	
РАСЧЕТ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ТРАНСПОРТЕРНО-ЛЕНТОЧНЫМИ ДВИЖИТЕЛЯМИ	269
<i>Т.Д. Дмитриева</i>	
ПОВЫШЕНИЕ МАНЕВРЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОЛЕСНЫХ МОДУЛЕЙ	274
<i>Ю.Н. Миронов, А.Б. Никишкина</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ КОМПАС-3D ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ	278
<i>А.Ю. Лебедев, С.А. Плахов, В.М. Алакин</i>	
ОБОСНОВАНИЕ РАСХОДА ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩЕГО РАСТВОРА (ЗСР) ДЛЯ КАМЕРНОЙ ОБРАБОТКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ РОТАЦИОННЫМ УСТРОЙСТВОМ	283
<i>С.А. Антипов, С.А. Плахов</i>	
РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОГО ТОРМОЗНОГО МЕХАНИЗМА С ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ	287
<i>А.А. Васильев, А.И. Пономарев</i>	
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	291
<i>А.Р. Ломов, М.А. Семенов, С.А. Плахов</i>	
ОБОСНОВАНИЕ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИБРОЛОПАСТНОГО ПОДБОРЩИКА КАРТОФЕЛЯ	296

<i>М.А. Семенов</i>	
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ТЯГОВО-ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЯ.....	301
<i>С.С. Серезжин, В.В. Зезюля</i>	
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ МАНЕВРЕННОСТИ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ	304
<i>Е.В. Славкина, М.В. Астахов</i>	
К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КВАЗИАДАПТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	308
СЕКЦИЯ 8. ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ	311
<i>Е.А. Акишина</i>	
ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ JWT ПО СРАВНЕНИЮ С БАЗОВОЙ АУТЕНТИФИКАЦИЕЙ С HTTPS.....	312
<i>В.П. Мицих</i>	
ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫЙ ПОИСК УЯЗВИМОСТЕЙ В ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯХ	315
<i>Н.А. Жандаров</i>	
КАК СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ И ПРИЛОЖЕНИЯ СОБИРАЮТ ИНФОРМАЦИЮ О НАС?.....	319
<i>О.Д. Панферов</i>	
ПОЛУЧЕНИЕ ХЭША РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО СИГНАЛА С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ СРЕДСТВ	323
<i>Э.А. Геворгян</i>	
БИОМЕТРИЧЕСКАЯ АУТЕНТИФИКАЦИЯ ПО РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКЕ ГЛАЗА КАК СПОСОБ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ.	327
<i>П.Н. Матюшин</i>	
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ	330
<i>А.С. Михайлов, Е.В. Вершинин</i>	
НЕОБХОДИМОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ TLS1.3 С ECH (ЗАШИФРОВАННОЕ КЛИЕНТСКОЕ РУКОПОЖАТИЕ) ДЛЯ ПОБОЧНЫХ КАНАЛОВ ИНТЕРНЕТ СЕРВИСОВ	333
<i>М.С. Тюрин, М.Г. Звягин</i>	
АТАКА ДЕАУТЕНТИФИКАЦИИ WI-FI НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ESP8266.....	338
<i>С.В. Коломиец</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MATLAB SIMULINK	341

**НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ПРИБОРО – И МАШИНОСТРОЕНИИ
И РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВУЗЕ**

**Материалы
Региональной научно–технической конференции**

Том 1

Научное издание

Все работы публикуются в авторской редакции. Авторы несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных и прочих сведений

Подписано в печать 27.05.2023
Формат 60x90/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.
Печ. л. 22,13. Усл. п. л. 20,58

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
107005, Москва, 2–я Бауманская, 5

248000, г. Калуга, ул. Баженова, 2, тел. 57–31–87