

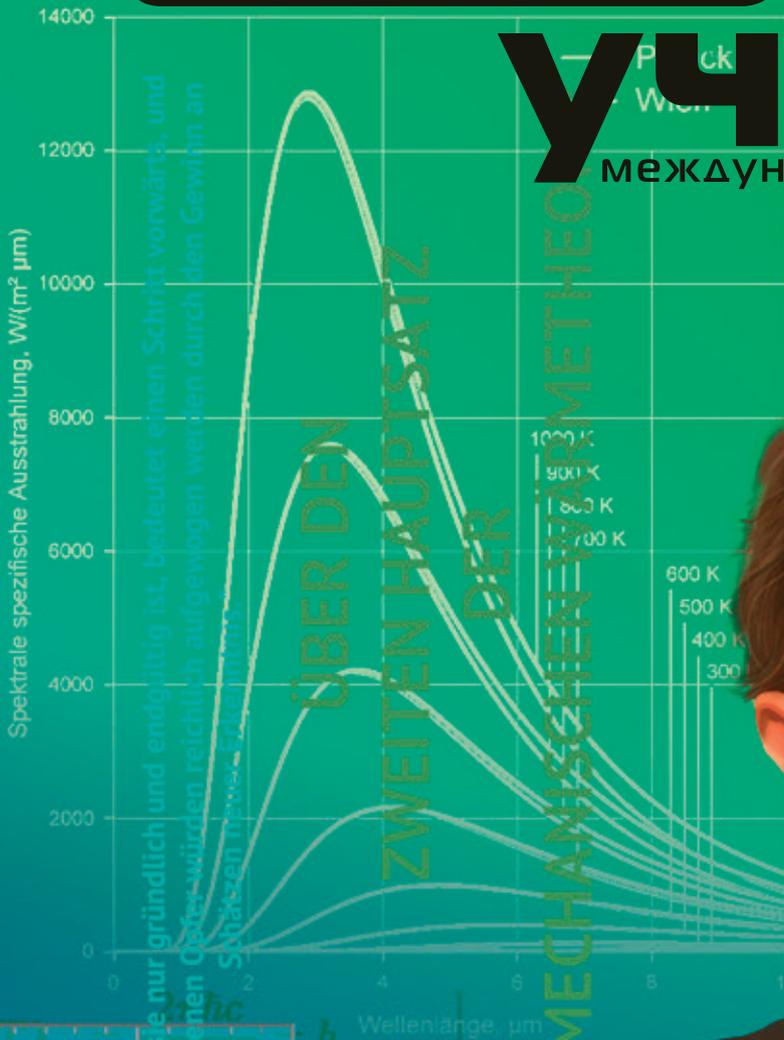
МОЛОДОЙ

$$E = h\nu$$

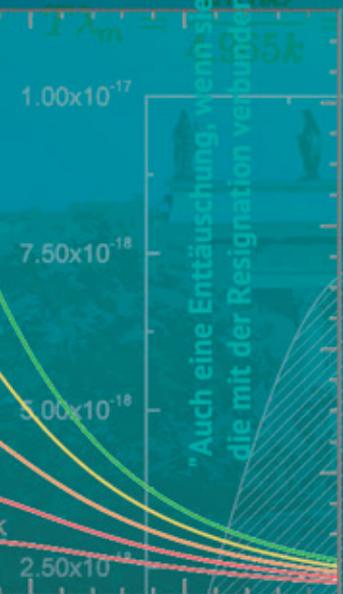
ISSN 2072-0297

# Учёный

международный научный журнал



"Auch eine Enttäuschung, wenn sie nur gründlich und endgültig ist, bedeutet einen Schritt vorwärts, und die mit der Resignation verbundenen Gefühle würden reichlich aufgewogen werden durch den Gewinn an Schätzen neuer Erkenntnisse."



"Eine neue wissenschaftliche Wahrheit pflegt sich nicht in der Weise durchzusetzen, daß sie überzeugt werden und sich als belehrt erklären, sondern vielmehr dadurch, daß ihre Gegner allmählich aussterben und daß die heranwachsende Generation von vornherein mit der Wahrheit vertraut gemacht ist."

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$$



10  
2016  
Часть II

16+

Max Planck

"Eine neue wissenschaftliche Wahrheit pflegt sich nicht in der Weise durchzusetzen, daß sie überzeugt werden und sich als belehrt erklären, sondern vielmehr dadurch, daß ihre Gegner allmählich aussterben und daß die heranwachsende Generation von vornherein mit der Wahrheit vertraut gemacht ist."

ISSN 2072-0297

# Молодой учёный

Международный научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 10 (114) / 2016

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:** Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук

Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук

Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук

Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук

Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам

Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук

Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук

Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук

Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук

Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук

Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук

Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук

Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук

Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук

Жураев Хусниддин Олтинбоевич, кандидат педагогических наук

Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения

Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам

Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук

Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук

Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук

Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук

Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук

Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук

Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук

Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук

Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук

Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук

Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук

Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук

Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии

Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук

Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук

Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук

Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

На обложке изображен Макс Карл Эрнст Людвиг Планк (1858–1947) — немецкий физик-теоретик, основоположник квантовой физики. Лауреат Нобелевской премии по физике (1918).

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

**Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г.**

Журнал входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе eLibrary.ru.

Журнал включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory».

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

#### **Международный редакционный совет:**

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)

Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)

Ахмеденов Кажмурат Максutowич, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)

Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)

Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)

Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)

Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)

Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)

Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)

Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, доктор философии (PhD) по филологическим наукам (Казахстан)

Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)

Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)

Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)

Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, кандидат педагогических наук, заместитель директора (Узбекистан)

Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)

Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)

Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)

Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)

Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)

Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)

Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)

Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)

Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)

Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)

Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)

Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)

Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)

Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)

**Руководитель редакционного отдела:** Кайнова Галина Анатольевна

**Ответственные редакторы:** Осянина Екатерина Игоревна, Вейса Людмила Николаевна

**Художник:** Шишков Евгений Анатольевич

**Верстка:** Бурьянов Павел Яковлевич, Голубцов Максим Владимирович, Майер Ольга Вячеславовна

Почтовый адрес редакции: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

Фактический адрес редакции: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <http://www.moluch.ru/>.

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый».

Тираж 500 экз. Дата выхода в свет: 15.06.2016. Цена свободная.

Материалы публикуются в авторской редакции. Все права защищены.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Абдурахимов С. А., Амиркулов Н. С., Бозоров Ж. Т., Арипбаев А. Т., Бойкузиев К. М.**  
Технология осушки газа с диэтиленгликолем ... 115
- Аманов М. А., Ишангулыев Г. А.**  
Применение облегченных технологических жидкостей для глушения и капитального ремонта скважин в условиях аномально низких пластовых давлений (АНПД) ..... 117
- Байкадамова А. М., Асенова Б. К., Нургазезова А. Н., Процан А. Г.**  
Совершенствование рецептуры фаршевой композиции с использованием зародышей зерна в качестве пищевого волокна ..... 123
- Беджанян М. А.**  
Автоматизация процесса получения анилина на стадии ректификации ..... 126
- Бельман П. А., Юденко Н. В., Шефер Е. В.**  
Остаточный ресурс грузоподъемных кранов .... 128
- Бельман П. А., Юденко Н. В., Шефер Е. В.**  
Применение магнитной дефектоскопии при техническом диагностировании подъемных сооружений ..... 131
- Бурцев А. Г., Матюнина Е. В.**  
Автоматизация процесса дозирования сыпучего материала с учетом заданного расхода воды и флотореагента ..... 134
- Васильев К. К., Дементьев В. Е., Андриянов Н. А.**  
Цифровая обработка дважды стохастических моделей случайных полей ..... 137
- Визавитин О. И., Логинова Д. А., Таякин С. Д.**  
Применение современных алгоритмов шифрования при обеспечении информационной безопасности беспроводных локальных сетей ..... 138
- Власов А. С.**  
Разработка автоматизированной системы контроля инерциальной системы управления ..... 142
- Ганиев А. А., Касимова Г. И.**  
Корреляционно-предсказывающие модели условий фазового равновесия в бинарных системах ..... 144
- Гарькин И. Н., Агафонкина Н. В., Глухова М. В.**  
Проведение экспертизы промышленной безопасности автогидроподъемника (на примере АГП-22.06) ..... 148
- Гарькин И. Н., Агафонкина Н. В., Глухова М. В.**  
Методика проведения экспертизы промышленной безопасности мостового крана ..... 150
- Голубев А. Н.**  
Влияние параметров гальванического процесса на микротвёрдость покрытий ..... 155
- Горбатова С. Ю., Шавва А. А., Чусов А. Н.**  
Вторичное использование отходов металлоперерабатывающего производства.... 159
- Горбина М. А., Левина О. С.**  
Cloud computing technology: future development ..... 163
- Губарев В. Я., Юшков Н. В.**  
Совершенствование систем газоочисток доменного газа ..... 166
- Дайчман Р. А.**  
Расчет ветро-солнечной установки малой мощности ..... 169
- Дайчман Р. А.**  
Газодинамический анализ поверхностей для определения максимально выгодного места размещения ветроустановки ..... 173
- Довыдовский В. А., Картамышева Н. С., Шаблыко Н. Н.**  
Коэффициент полезного действия электрохимического генератора ..... 177
- Довыдовский В. А., Рюмин Р. В., Чукарев А. Г.**  
Энергетические установки воздухонезависимых подводных аппаратов ..... 183
- Довыдовский В. А.**  
Второй закон термодинамики ..... 187
- Досанов Н. Е., Жасузакова М. Ж.**  
Эффективность управления активной системой и административный контроль ..... 191
- Досанов Н. Е., Уксикбаев Е. З., Рустамов Е. Н.**  
Модель психического влияния спортсмена на соперника и его измерения ..... 194

<p><b>Дусяров А. С., Яхшибоев Ш. К., Ражабов С. И.</b> Свойства энергетического поля солнечной радиации, теплоступления в помещение от солнечной радиации ..... 196</p> <p><b>Емельянова Д. К.</b> Построение АФЧХ системы автоматического регулирования в среде Maple..... 197</p> <p><b>Жилинский В. О.</b> Расчет параметров при оценке характеристик комплексированной навигационной аппаратуры, работающей с различными системами координат ..... 201</p> <p><b>Журавлев А. В., Моисеев Ю. И., Слаутин О. В.</b> Использование светодиодных ламп в конструкции автомобиля ..... 205</p> <p><b>Закирова Д. А.</b> Дифференциальное уравнение движения бипланетарного механизма ..... 206</p>	<p><b>Зулкарнеев Г. С., Мелентьев А. С., Гафиятуллина Н. М.</b> Конструктивные решения железобетонных промышленных газоотводящих труб ..... 208</p> <p><b>Иванов С. Е., Гаджиалиев Ш. Г.</b> Особенности внедрения корпоративных информационных систем на платформе 1С в крупные компании ..... 213</p> <p><b>Исмойилов Ф. Б., Гуломов Х. Г.</b> Разработка технологических условий и способов подготовки текстильного сырья к хранению ... 216</p> <p><b>Карасёв С. В., Сулимко А. И., Богомолов В. М.</b> Определение вместимости группировочных путей вспомогательных сортировочных устройств методом статистического моделирования по схемам сортировки..... 217</p> <p><b>Каримов Р. Р., Абдуллаев И. Э.</b> К определению угловой скорости ножей наклонно-дискового рабочего органа режущего аппарата ..... 221</p>
--	---



## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Технология осушки газа с диэтиленгликолем

Абдурахимов Саидакбар Абдурахмонович, доктор технических наук, профессор;

Амиркулов Нуриддин Сайфуллаевич, кандидат технических наук, доцент;

Бозоров Журабек Туронович, старший научный сотрудник — соискатель;

Арипбаев Алижон Тажимирзаевич, магистрант;

Бойкузиев Кудрат Мамасали угли, студент

Ташкентский государственный технический университет имени Абу Райхана Беруни (Узбекистан)

*В статье рассмотрена технология подготовки газа на газоконденсатном месторождении с использованием турбодетандерного агрегата, при этом выбор технологической схемы осушки и очистки газа от кислых компонентов, и от механических примесей осуществляется методом многоступенчатой сепарации.*

Наиболее важной величиной для расчета процесса абсорбции является коэффициент масса передачи. Так как, он изменяется с изменением термодинамических и гидродинамических условий проведения процесса, то для успешного его использования при расчетах промышленных аппаратов необходимо знать вид данной зависимости.

Для ее определения в настоящее время наиболее достоверные данные получают при экспериментальном исследовании процесса, так как предлагаемые обобщенные выражения, по которым рассчитываются коэффициенты масса передачи, не учитывают всего комплекса условий проведения процесса и влияния физико-химических свойств компонентов системы. Вследствие этого, они носят приближенный характер, и их использование для отличающихся по свойствам систем может привести к ощутимым погрешностям.

Полученные данные соответствуют выводам других исследователей о том, что основное количество влаги поглощается на первых тарелках, а не последующих происходит лишь до осушка газа до условий, близких к равновесие [1].

Необходимо отметить, что степень осушки газа в значительной степени зависит от соотношения ДЭГ/газ и концентрации регенерированного раствора ДЭГа, подаваемого на орошение абсорбера. При этом степень осушки газа особенно резко увеличивается с увеличением соотношения ДЭГ/газ, начиная с низких значений, а дальнейшее его увеличение оказывает менее заметное влияние.

Для объяснения этого положения, рассмотрим характер изменения движущей силы процесса абсорбции водяных паров, по тарелкам в зависимости от концен-

трации и количества раствора диэтиленгликоля, подаваемого на орошение абсорбера.

Как следует из экспериментальных данных, увеличение кратности циркуляции диэтиленгликоля ведет к возрастанию средней движущей силы процесса абсорбции водяных паров на первой (нижней тарелке), а на всех вышележащих тарелках она понижается.

Такое же изменение средней движущей силы на тарелках вызывает и повышение концентрации исходного раствора диэтиленгликоля.

Данная закономерность измерения средней движущей силы по тарелкам и является причиной разгрузки вышележащих тарелок по поглощаемой влаге, и, таким образом, повышение кратности циркуляции. Но это положение верно лишь до некоторого предела, так как движущая сила процесса не может увеличиваться беспредельно.

В настоящее время при проектировании установок осушки природного газа расчет основного оборудования ведется на основании эмпирических правил.

Но практика эксплуатации промышленных установок показывает, что при соблюдении этих условий состояние равновесия между взаимодействующими потоками на выходе из абсорбера не достигается, и влагосодержание осушенного газа выше, чем равновесное над подаваемым в абсорбер раствором.

Для достижения равновесия между осушаемым газом и раствором гликоля на выходе из абсорбера обычно увеличивают кратность циркуляции гликоля или же число тарелок в абсорбере.

Для решения данного вопроса возможен и принципиально другой подход, а именно — повышение концентрации поглотителя.

Так как, в этом случае не ставится цель достижения равновесия между взаимодействующими потоками, то возможно осушать газ до требуемой степени даже при пониженных значениях удельной подачи абсорбента и без увеличения числа тарелок в абсорбере.

Из вышеизложенного следует, что должно существовать оптимальное соотношение между числом ступеней контакта (тарелок) в абсорбере, а также количеством и концентрацией циркулирующего абсорбента, обеспечивающего осушку газа до требуемой кондиции при наименьших экономических затратах.

Однако, до настоящего времени не разработана строгая методика расчета абсорберов для осушки газа и нет единого мнения об оптимальном количестве числа тарелок в абсорбере в зависимости от требуемой степени осушки газа и условий проведения процесса.

Такая методика может быть создана на основании достаточно полного изучения закономерностей статистики и кинетики процесса абсорбции водяных паров при осушке природного газа диэтиленгликолем.

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что абсорбер осушки природного газа диэтиленгликолем по классификации, предложенной авторами [3,4], следует рассматривать как аппарат промежуточного типа, где газ над тарелками идеально перемешан, и концентрация жидкости по направлению ее движения изменяется пропорционально количеству поглощенной влаги.

Согласно этому положению для данного случая движущая сила процесса абсорбции водяных паров в газовой фазе для любой тарелки может быть представлена следующим выражением:

$$\Delta W_{cp} = \frac{\Delta W_1 - \Delta W_2}{\ln \frac{\Delta W_1}{\Delta W_2}} \quad (1)$$

где,  $\Delta W_1$  — средняя исходная движущая сила процесса для тарелки;

$\Delta W_2$  — средняя конечная движущая сила процесса для тарелки.

Такое выражение движущей силы правомерно вследствие того, что концентрация раствора диэтиленгликоля

изменяется вдоль направления его движения пропорционально количеству поглощенной влаги.

Так, как осушка природных газов обычно проводится под давлением 4,0–5,5 МПа и температуре 20–45°C, что соответствует максимальному влагосодержанию 2 г/нм<sup>3</sup>, то даже при 99,5% концентрации исходного раствора

$$2 > \frac{\Delta W_1}{\Delta W_2} > 0,5, \text{ и поэтому среднюю движущую силу про}$$

цесса абсорбции водяных паров для тарелки с точностью до 2% возможно представить следующим простым выражением [2]:

$$\Delta W_{cp} = \frac{W_u + W_k - W_{up} - W_{kp}}{2} \quad (2)$$

где,  $\Delta W_u, \Delta W_k$  — влагосодержание газа под тарелкой и над тарелкой, г/нм<sup>3</sup>;

$\Delta W_{up}, \Delta W_{kp}$  — равновесное влагосодержание газа над раствором диэтиленгликоля, поступающим на тарелку и стекающим с тарелки, г/нм<sup>3</sup>.

Согласно этому уравнению по полученным экспериментальным данным были определены опытные значения общего коэффициента масса передачи [4]:

$$K_G = \frac{G_b}{F_r * \Delta W_{cp}} \quad (3)$$

где,  $G_b$  — количество диэтиленгликоля, стекающего с тарелки, кг/час;

$F_r$  — рабочая поверхность тарелки, м<sup>2</sup>.

В данном случае, в связи с невозможностью экспериментально определить фактическую поверхность раздела фаз, коэффициент массопередачи был отнесен к рабочей поверхности тарелки, как это делает целый ряд отечественных и зарубежных экспериментаторов. Такой подход, на наш взгляд, наиболее приемлемый, так как для тарелок одного и того же типа при любом установленном режиме фактическая поверхность раздела фаз, безусловно, должна быть пропорциональна рабочей поверхности тарелки, а для разнотипных тарелок общий коэффициент массопередачи, отнесенный к рабочей поверхности тарелки, будет характеризовать эффективность их работы.

#### Литература:

1. Жданова, В. А., Халиф А. Л. Осушка природных и попутных газов. М.: Гостоптехиздат, 2013.
2. Рамм, В. М. Абсорбция газов. М.: Химия, 2011 г.
3. Касаткин, А. Г., Плановский А. Н. Химическая промышленность. № 3, 2009.
4. Гудков, С. Ф. Газовая промышленность. № 10, 2012.

## Применение облегченных технологических жидкостей для глушения и капитального ремонта скважин в условиях аномально низких пластовых давлений (АНПД)

Аманов Мерген Аннамурадович, старший преподаватель;  
Ишангулыев Гуванч Атабердыевич, преподаватель  
Международный университет нефти и газа (Туркменистан)

### 1. Актуальность проблемы

Высокие технико-экономические показатели бурения нефтяных и газовых скважин в значительной степени зависят от создания все более совершенных типов буровых растворов.

Одним из основных требований, предъявляемых к буровым растворам, является увеличение скорости проходки при минимальных затратах материалов и химических реагентов для их приготовления и регулирования свойств. При этом буровые растворы должны обеспечивать безопасность ведения заключительных работ по выводу скважин из бурения с максимальной продуктивностью.

Поэтому в отечественной практике все большее внимание уделяется растворам, применяемым для вскрытия продуктивных пластов (наиболее ответственному этапу в цикле строительства скважин), для глушения скважин при их капитальном ремонте и освоения.

В настоящее время нефтегазовые и буровые компании, осуществляя заканчивание и капитальный ремонт скважин на больших глубинах, все чаще сталкиваются с трудностями разработки залежей с аномально низкими пластовыми давлениями.

### 2. Обзор жидкостей для глушения и капитального ремонта скважин в условиях АНПД

Жидкости, применяемые при ремонтных работах для промывки и глушения скважин должны обеспечивать:

- минимальное проникновение фильтрата и самой жидкости в призабойную зону пласта;
- легкость извлечения из призабойной зоны фильтрата и твердой фазы промывочной жидкости;
- предотвращение образования осадков, снижающих проницаемость пористой среды;
- предотвращение образования стойкой водонефтяной эмульсии и набухания глин.

Указанным требованиям частично или полностью отвечают:

- специально обработанные глинистые растворы;
- растворы на углеводородной основе;
- водные растворы солей;
- пены;
- газообразные агенты и др.

Недостатками применения глинистых растворов в качестве жидкостей глушения при капитальном ремонте является то, что применение их не позволяет получить растворы низкой плотности, вызывает набухание глинистых частиц, приводит к коагуляции продуктивного пласта и требует дополнительной кислотной обработки при освоении скважины.

В наибольшей степени требованиям к жидкостям глушения в условиях аномально низкого давления пласта удовлетворяют растворы на нефтяной основе и обращенные эмульсии, применение которых позволяет повысить продуктивность скважин в 2 и более раза по сравнению со скважинами, глушенными глинистыми растворами на водной основе.

Растворы на нефтяной основе и обращенные эмульсии обладают высокими закупоривающими свойствами, препятствующими проникновению воды и твердой фазы бурового раствора в пласт в процессе его вскрытия или глушения. Кроме того, сама основа углеводородных растворов не оказывает столь вредного влияния на проницаемость пласта, как фильтрат растворов на водной основе.

В растворах, приготовленных на углеводородной основе (РНО), в качестве дисперсионной среды используют нефть и нефтепродукты (дизельное топливо, соляровое масло и др.), а в качестве дисперсионной фазы — окисленный битум. Если РНО сравнить с глинистыми растворами, то роль глины выполняет битум, а роль воды — дизельное топливо. Частицы глины создают структуру в глинистом растворе, а частицы битума имеют склонность к созданию структуры. Поэтому в РНО добавляют большое количество структурообразователя — мыла жирных кислот или окись кальция. Используют также мазутно-соляровые растворы различной рецептуры.

В гидрофобных эмульсионных растворах (ГЭР) дисперсионная среда — нефть или нефтепродукты, а дисперсионная среда — вода, пластовая вода или растворы солей хлористого кальция и т.д. В качестве эмульгатора-стабилизатора

применяют дегидратированные полиамиды. ГЭР, не содержащие твердый утяжелитель, можно применять в скважинах с температурой до 90°C, а утяжеленные — до 55°C. Недостатком этих растворов является их невысокая термостойкость /1/.

Разновидностей жидкости для глушения скважин довольно много, большинство рецептов запатентовано российскими учеными /2–5/, в которых рассматривается блокирующая способность составов.

Использование жидкости глушения на водной основе (водные растворы солей), как правило, приводит к снижению дебитов скважин по нефти, росту обводненности добываемой продукции и длительным срокам их освоения в после-ремонтный период. Вызывается это, в первую очередь, отрицательным воздействием таких жидкостей на фильтрационные характеристики ПЗП.

Так, в качестве блокирующих жидкостей применяют водные растворы хлористого натрия и хлористого кальция. Как показывает практика эксплуатации скважин, глушение скважин этими растворами в большинстве случаев способствует загрязнению призабойной зоны и продуктивного пласта, что приводит к ухудшению продуктивности скважин и отрицательно сказывается на освоении скважины после ремонта.

Предлагаемые ООО «Промсоль югра» составы для глушения «Рекас-600», «Аксис», выполняют при операции глушения две функции: эффективное глушение и одновременно мягкую обработку призабойной зоны. В них входят ингибиторы солеотложения, ПАВ и гидрофобизаторы. Это поверхностно-активные кислотные растворы (ПАКР) используют для улучшения проницаемости пласта при вторичном вскрытии пластов перфорацией и глушении скважин. Состав ПАКР разработан таким образом, чтобы обеспечить гибкость при выборе плотности, солености, термостойкости для конкретных условий. Плотность раствора от 1050 до 1190 кг/м<sup>3</sup>.

В условиях АНПД отрицательного эффекта можно избежать, если использовать жидкости глушения на водной основе, имеющие низкое межфазное натяжение на границе с углеводородами, или пенные системы /7–9/. Для этого используют поверхностно-активные вещества (ПАВ) и получают пенные растворы.

Закачка в скважину пены, полученной с помощью аэратора, пенообразующей жидкости и компрессора — этот способ применим для нефтяных скважин, а не для газовых, т.к. наличие воздуха может привести к образованию взрывоопасной смеси. В этом случае надо применять газ высокого давления или азот.

Для эффективного вспенивания раствора следует применять смесь нефте- и водорастворимых ПАВ. Таким образом можно вспенить смеси воды и конденсата при содержании последнего до 50%. При увеличении содержания углеводородной фазы от 5 до 50% стабильность пены снижается в 1,5–3 раза по сравнению с пенообразованием в водном растворе, а кратность в 1,5–2 раза. Для получения одинакового по объему количества пены (50:50) необходимо в 5 раз увеличить объем продуваемого воздуха по сравнению с водным раствором.

В качестве жидкостей глушения скважин с АНПД используют двухфазные и трехфазные пены.

Двухфазные пены содержат: углеводороды, водные растворы, стабилизаторы (ПАА, КМЦ), пенообразователь (анионоактивные ПАВ); или углеводороды, хлоркальциевую воду, пенообразователь-стабилизатор (силикат натрия или КМЦ).

Трехфазные пены более устойчивы. Они содержат дополнительно твердую фазу (глина, гипс, графит, полиэтилен).

Однако пенные растворы непросто получить, для этого требуется специально оборудование. Кроме того, они термически и механически не устойчивы, что приводит к их разрушению в процессе капитального ремонта скважин.

В последние годы за рубежом начато широкое внедрение уникальной микропузырьковой системы под названием «Афроникс» для бурения и заканчивания скважин в условиях АНПД /6/ без использования компрессорного оборудования. Данная система разработана фирмой «M-I Drilling Fluids» компанией «Smith/Schlumberger» (США). Она содержит так называемые афроны — микроскопические пузырьки воздуха, защищенные многослойной оболочкой из полимеров и ПАВ. Благодаря уникальным свойствам афронов, данная жидкость создает упругий непроницаемый барьер в призабойной зоне продуктивного или поглощающего пласта, что позволяет бурить скважину при коэффициенте аномальности пластового давления до 0,2 и при репрессии 30 МПа, с высоким качеством вскрытия продуктивного пласта.

Основные отличия афронов от пен:

- двухслойная оболочка из ПАВ с промежуточным слоем загущенной полимером воды, в то время, как оболочка пузырька обычной пены состоит из одного мономолекулярного слоя ПАВ;
- газовое ядро афрона находится под давлением;
- малые размеры и высокая прочность афронов обуславливает несжимаемость системы в отличие от аэрированных и пенных систем.

Таким образом, существующие технологии «легких» технологических жидкостей для условий низкого пластового давления ограничены тремя способами уменьшения плотности рабочей жидкости:

- дисперсные системы, предусматривающие ввод в жидкую среду газообразных компонентов или поверхностно-активных веществ и получение пенных растворов;
- дисперсные системы на углеводородной основе, в которых в качестве дисперсионной среды используют нефть или нефтепродукты (дизельное топливо, соляровое масло и др.);
- дисперсные системы «Афроникс».

Современное состояние проблемы глушения скважин с АНПД на поздней стадии разработки показывает, что эффективность глушения скважин при их капитальном ремонте может быть повышена при комплексном подходе к решению проблемы в содружестве специалистов науки и производства.

### 3. Регулирование свойств растворов, применяемых для глушения скважин при капитальном ремонте

Выбор путей подбора рецептур растворов для глушения диктуется необходимостью придания им новых свойств, которые определяются параметрами, соответствующими требованиям геолого-технических условий скважины.

Приготовление жидкости для глушения — это первичная химическая обработка раствора, при которой последняя приобретает необходимые параметры. По завершению капитального ремонта скважины раствор может быть повторно использован после дополнительной обработки. При этом расходуется значительно меньше химических реагентов, чем при первичной обработке жидкости. При дополнительной обработке используют часто те же реагенты.

В связи с изложенным расход реагентов для обработки раствора значительно зависит от того, какая производится обработка. Однако во всех случаях необходимо стремиться к тому, чтобы расход реагента был по возможности минимальным. Для этого выбирают реагент, наиболее эффективный в данных условиях. Это — основное условие подбора рецептур обработки.

Не всегда в распоряжении предприятия имеются реагенты в необходимом ассортименте, поэтому при подборе рецептур используют реагенты, которые имеются в наличии в цехе или могут быть туда доставлены. Соответствие между выбираемыми реагентами и имеющимися в наличии — второе условие подбора реагентов.

Расход химических реагентов и других материалов, необходимых для приготовления жидкостей глушения и регулирования их свойств велик, достигает многих сотен тонн. Разнообразны и процессы, которые используются при регулировании. Однако все известные способы регулирования в основном можно свести к трем:

1. **Изменение соотношения между активными компонентами в жидкости;**
2. Изменение свойств (состояния) дисперсной системы, которой является жидкость глушения, добавлением соответствующих химических реагентов, изменяющих поверхностные и реологические свойства жидкости глушения в целом;
3. Изменение содержания в растворе, воздуха, нефти или другой углеводородной жидкости.

Первые два способа в основном используют для регулирования структурно-механических свойств и фильтрационных характеристик промывочной жидкости, последний — для регулирования плотности. При этом жидкость приобретает свойства, обеспечивающие осуществление необходимых функций в процессе ее применения.

Регулирование свойств коркообразования понимают как уменьшение водоотдачи жидкости, поскольку специальной задачи, предусматривающей повышение водоотдачи, практически не существует. Под регулированием структурно-механических свойств и плотности жидкости понимают их изменение: ослабление структурно-механических свойств и усиление их. В первом случае это означает уменьшение величин вязкости и предельного статического напряжения сдвига, а во втором — увеличение этих параметров. Изложенное и определяет способ исправления недостатков данной жидкости глушения, вызванных теми или иными причинами. Если вязкость промывочной жидкости вследствие избытка стабилизаторов превышает требуемую величину, необходимо разбавить дисперсную систему водой, если вязкость мала из-за недостатка полимеров, необходимо добавить их.

В общем случае для повышения величины какой-либо характеристики жидкости глушения необходимо осуществить процесс, противоположный тому, который вызвал ее понижение. Так если недостаточное содержание реагента вызвало повышение водоотдачи, необходимо добавить реагент-понижитель водоотдачи.

Указанное позволяет все виды регулирования основных свойств жидкости глушения свести в табл. 1.

Таблица 1. Основные виды регулирования параметров раствора

Параметр раствора	Отклонение величины от требуемой	Причины, вызвавшие отклонение	Способ исправления
Водоотдача	Выше требуемой	Недостаточное содержание понизителя водоотдачи	Добавление понизителя водоотдачи
Вязкость	Выше требуемой	Избыток полимера	Добавление воды
Вязкость	Ниже требуемой	Недостаток полимера	Добавление полимера
Плотность	Выше требуемой	Избыток воды, утяжелителя	Добавление углеводородов (нефти, конденсата)
Плотность	Ниже требуемой	Недостаток утяжелителя	Добавление утяжелителя
Толщина корки	Выше требуемой	Недостаток полимера	Добавление полимера
Толщина корки	Отсутствие	Отсутствие дисперсной фазы	Добавление мела (глины)

Способы регулирования свойств жидкостей глушения следует выбирать исходя из величин параметров, приведенных в рассмотренной таблице 3.1. Однако выбор осложнен следующими обстоятельствами:

1. Различные факторы одинаково влияют на величины параметров жидкости. Если в процессе капитального ремонта возросла водоотдача раствора, причинами этого могут быть и высокие температуры, и недостаточное содержание реагента-понижителя водоотдачи, и недостаточное содержание термостабилизирующих добавок. В первом случае необходимо ввести термостойкий реагент, во втором — диэтанолламин (моноэтанолламин). Если завышены величины вязкости и СНС, причиной этого может быть и избыточное содержание полимеров, глины и избыточная степень коагуляции.

Таким образом, по величинам вязкости, СНС или водоотдачи трудно выбрать правильный способ регулирования параметров раствора для глушения.

2. Результаты воздействия разных факторов на свойства растворов для глушения взаимосвязаны. Например, при снижении водоотдачи раствора изменяются вязкость и СНС. В ряде случаев одна из величин возрастает, а вторая уменьшается. Это затрудняет выявление причин изменения свойств раствора сопоставлением параметров.

3. Недостаток или избыток того или иного материала в жидкости глушения — понятия условные. Так, содержание 20% нефти или конденсата в растворе может быть явно избыточным для жидкостей с плотностью более  $1,1 \text{ г/см}^3$ , в то время как для жидкостей с плотностью менее  $1,0 \text{ г/см}^3$  будет недостаточным.

Таким образом, совпадение влияния различных факторов на величины параметров жидкостей глушения, взаимосвязанность результатов воздействия и условность понятий избыточности и недостаточности затрудняют выявление причин изменения свойств жидкостей и выбор средств их обработки как при установлении причин по одному параметру, так и по их совокупности. При этом данные таблицы 3.1 остаются совершенно правильными, затруднено только их использование.

Накопление опыта подбора рецептур жидкостей глушения, использование большого количества данных, чем приведено в таблице 3.1, в частности определение поверхностного натяжения или реагентов, в какой-то мере помогают обойти указанные трудности.

Кроме того, более правильно подходить к решению этой проблемы комплексно, используя указанный путь и учитывая коллоидно-химическую природу растворов и геолого-технические особенности разрезов.

#### **4. Основные рецептуры полимер-эмульсионных растворов для глушения скважин с аномально низким пластовым давлением**

Как было выше упомянуто, применение общепринятого способа глушения скважин традиционными жидкостями глушения, такими как глинистые растворы, растворы хлористого кальция и натрия и др. на поздней стадии эксплуатации, особенно в условиях АНПД, стало непригодно. Это связано с отсутствием возможности снижения плотности и повышения вязкости данных растворов. Эти параметры в условиях АНПД способны оказывать отрицательное влияние на фильтрационно-емкостные свойства пористой среды, что создает ряд трудноразрешимых проблем при проведении ремонтных работ и освоении скважин из-за поглощения растворов и может привести к необратимому снижению продуктивности скважин.

Задачей первостепенной важности является разработка такого метода глушения скважин, при котором используется жидкость глушения низкой плотности и высокой вязкости, предотвращающая поглощение раствора и кольматацию пласта, не оказывающая отрицательного влияния на фильтрационную способность коллектора, технологически легко осуществима и может быть повторно использована.

Мы провели лабораторные исследования по подбору компонентов и оптимальных условий для разработки рецептур жидкостей глушения высокой вязкости и низкой плотности, используемых при капитальном ремонте скважин в условиях АНПД.

В настоящее время осуществляя заканчивание и капитальный ремонт скважин на больших глубинах, все чаще сталкиваются с трудностями разработки залежей с аномально низкими пластовыми давлениями. В этих целях разработан состав жидкости глушения и технология ее заправки в скважину для проведения капитального ремонта и повышения эффективности освоения месторождений.

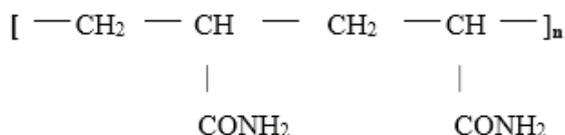
Разработанные жидкости глушения представляют собой полимер-эмульсионный раствор. Это — обратная (или инвертная) эмульсия типа «вода в масле». В этой эмульсии дисперсионная среда — конденсат, а дисперсная фаза — водный раствор полимеров. Полимер-эмульсионные растворы состоят из набора компонентов, каждый из которых был выбран для выполнения определенной специфической задачи.

##### **4.1. Компоненты полимер-эмульсионных растворов.**

Конденсаты данного месторождения представлены, в основном, парафиновыми углеводами. Из них 60% нормальных парафинов со связью С — С, остальные со связью С = С. Ароматические углеводороды составляет не более 10%, плотность  $0,8-0,81 \text{ г/см}^3$ , содержат сероводород.

**Полиакриламид (ПАА)** используется в качестве регулятора вязкости и слабого эмульгатора.

ПАА — полимерное вещество и имеет следующую структурную формулу:

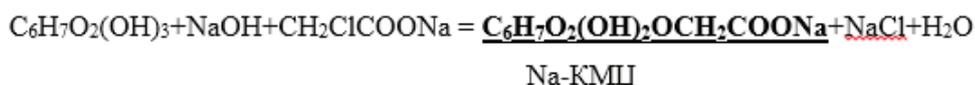


ПАА представляет собой порошок белого цвета, в воде набухает с последующим растворением в течении 48 часов. Подогрев ускоряет растворение. Водные растворы ПАА имеют большую вязкость, возрастающую с увеличением молекулярной массы.

Для ускорения растворения ПАА необходима диспергация его в конденсате и только после этого взаимодействие с водой. Этим удается избежать стадии набухания ПАА и в течение нескольких минут получить эмульсию.

**Карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ)** используется в качестве понизителя фильтрации, стабилизатора, придающего раствору упругоэластические свойства и слабого эмульгатора.

Получают КМЦ воздействием монохлоруксусной кислоты на щелочную целлюлозу. Химизм процесса представлен ниже:



По внешнему виду это порошкообразный препарат от белого до светло-желтого цвета, влажностью не более 10%, плохо растворимый в холодной и удовлетворительно в горячей воде (70–80°C).

Показатели качества КМЦ зависят от степени полимеризации, а оптимальные добавки — от минерализации и температуры.

**Моноэтаноламин (МЭА) или диэтанолламин (ДЭА)**

МЭА -  $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$  или  $\text{RNH}_2$ , где  $(\text{HOCH}_2\text{CH}_2) - \text{R}$ .

ДЭА -  $(\text{HOCH}_2\text{CH}_2)_2\text{NH}$  или  $\text{R}_2\text{NH}$

Эти реагенты повышают термостойкость эмульсии, поднимают щелочность и улучшают растворимость КМЦ. Физико-химическая характеристика этаноламинов приведена ниже.

Таблица 2

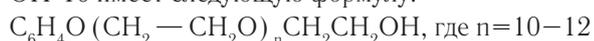
Параметры	МЭА	ДЭА
Молекулярная масса	61	105
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,0–0,18	1,02–1,090
Температура кипения, °С	171	270
Температура замерзания, °С	10,5	28
Вязкость, Па·с	0,241	0,38
Растворимость в воде, %		
при 20°C	100	—
при 30°C	—	96,4

При пониженных температурах МЭА и ДЭА — это твердые вещества. При небольшом подогреве становятся вязкими жидкостями.

**ОП-10 (моноалкилфениловый эфир полиэтиленгликоля)** — это неионогенное ПАВ, хорошо растворимое в конденсате.

ОП-10 — продукт конденсации моно- и диалкилфенолов, алкилированных полибутиленом, с окисью этилена. Это водорастворимая жидкость светло-желтого цвета, обладает слабокислой или слабощелочной реакцией.

ОП-10 имеет следующую формулу:



**Сульфенол** — продукт алкилирования бензола с додециленом с последующими процессами ректификации, сульфирования и нейтрализации.

Сульфонол имеет следующую формулу:



Сульфонол — это порошок или паста светло-желтого цвета. Хорошо растворим в воде. Реагенты ОП-10 и сульфонол используются в качестве эмульгаторов и понизителей межфазного натяжения на границе раздела с пластовым флюидом, что сохраняет газопроницаемость пласта.

Мел ( $CaCO_3$ ) представляет собой порошок бело-серого цвета, плотностью  $2,74 \text{ г/см}^3$ , легко растворяется в соляной кислоте. При взаимодействии с водой образует суспензию. Выпускается предприятиями стройиндустрии и широко применяется в бурении.

**Техническая вода** необходима для растворения химических реагентов; водный раствор полимеров является дисперсной фазой эмульсии.

Проведены лабораторные и промысловые испытания ПЭР, апробация которых проводилась при глушении скважин с аномально низким пластовым давлением на заданной площади.

Нами проведены дополнительные исследования и предложены основные 3 рецептуры, способные устранить недостатки рецептур ПЭР. Совершенствовать первую, наиболее простую рецептуру, удалось введением в нее дополнительно до 5% мела или 3% шелухи. При этом фильтрация раствора снизилась до  $5 \text{ см}^3$ . Следовательно, больше шансов к успешному глушению скважин без поглощения. Так как раствор, содержащий ПАА, слишком скользкий, то ПАА можно исключить, использовав рецептуру, содержащую смесь полимеров КМЦ и Крахмала.

Лабораторные и промысловые испытания дали возможность сделать следующие заключения:

- при использовании в растворах соотношения конденсат: вода = 75%: 25% и полимеров 0,25% и более эмульсия не образуется, так как 25% воды не достаточно для растворения полимеров;
- установлено, что для получения устойчивой эмульсии оптимальное соотношение конденсата и воды составляет (соответственно) 50:50 и 60:40;
- при оптимальном содержании конденсата и воды оптимальные добавки полимеров составляют, соответственно: ПАА — 0,375–0,5%; КМЦ+ ПАА= (0,5–1,5%) + (0,1–0,25%); КМЦ+ Крахмал от 1 до 1,5% для обоих реагентов;
- при термостатировании полимер-эмульсионных растворов, полученных при оптимальных соотношениях компонентов, при  $T = 130^\circ\text{C}$  без циркуляции происходит их: расслоение часть конденсата поднимается вверх, а эмульсия скапливается внизу.

#### 4.2. Назначение и область применения ПЭР

- Разработанные полимер-эмульсионные растворы низкой плотности и высокой вязкости предназначены для повышения эффективности качества глушения эксплуатационных скважин и повышения технико-экономических показателей при их капитальных ремонтах в условиях аномально низких пластовых давлений;
- полимер-эмульсионные растворы не образуют с пластовыми водами солей отложений, не загрязняют пласт, т.е. обеспечивают полное сохранение коллекторских свойств продуктивного пласта;
- полимер-эмульсионные растворы отличаются высокой проникающей способностью, позволяющей сформировать внутри поглощающего пласта надежный изоляционный экран в его пристволевой части, и обладают повышенными адгезионными и псевдопластичными свойствами;
- полимер-эмульсионные растворы имеют низкое поверхностное натяжение на границе газ-раствор-порода, обеспечивающее при освоении беспрепятственное проникновение газа из продуктивного пласта в скважину;
- использование полимер-эмульсионных растворов для глушения скважин при их капитальном ремонте не требует при освоении дополнительной кислотной обработки и тем самым уменьшает расходы, связанные с использованием дополнительных химических материалов, и сроки ввода скважин в эксплуатацию.

Литература:

1. С. Рябоконт, Б. Мартынов, М. Ламосов, А. Бояркин. Высокоэффективные технологические жидкости для сохранения продуктивности коллекторов на стадиях перфорации, глушения и ремонта скважин // Технологии ТЭК. № 1, 2007, с.26–33.
2. В.И. Крылов, С.С. Джангиров, Н.И. Сухенко и др. Изоляция зон поглощения с применением наполнителей. Обзорная информация. — М.: ВНИИОЭНГ, серия Бурение, 1981.
3. С.А. Рябоконт, А.Б. Сурков, В.Н. Глушенко. Жидкости для ремонта скважин и их влияние на коллекторские свойства пласта. — М.: 1989.
4. Б. Курочкин, Е. Оксенойд, С. Самыкин. Профилактические мероприятия с применением наполнителей-кольматантов при вскрытии потенциально поглощающих пластов//Технология ТЭК. № 4, 2006, с.28–32.
5. Патент России № 2187533. 2002.

6. С. В. Васильченко, С. В. Меденцев. Решение проблем вскрытия истощенных пластов: технология афронов // М.: Бурение и нефть. № 6, 2003.
7. Қ. Қ. Уайт, А. П. Честер, К. Д. Айвен, С. Майкранц, Р. Наурис. Буровой раствор на основе афронов: новый метод разбуривания истощенных пластов // Нефтегазовые технологии. № 3, 2004.
8. А. В. Амиян, Н. П. Васильев. Применение пен для ремонта и освоения газовых скважин с АНПД // Газовое дело. № 6, 1972.
9. Қ. М. Тагиров, Р. А. Гасумов, А. А. Перейма. Пенные системы с наполнителем для глушения скважин // Газовая промышленность. № 1, 1999, с. 50–51.

## Совершенствование рецептуры фаршевой композиции с использованием зародышей зерна в качестве пищевого волокна

Байкадамова Асемгуль Мадениетовна, магистрант;  
 Асенова Бахыткуль Кажкеновна, кандидат технических наук, и. о. профессора;  
 Нургазезова Алмагул Нургазезовна, кандидат технических наук, и. о. ассоциированного профессора;  
 Процан Альбина Гинаятовна, магистрант  
 Государственный университет имени Шакарима города Семей (Казахстан)

*В данной статье описана технология производства полукопченой колбасы из мяса птицы с применением коллагенового геля. Описаны свойства мяса птицы и говядины. Изложены результаты исследований полученного продукта, проведен сравнительный анализ.*

**Ключевые слова:** пищевые волокна, белковые добавки, мясо птицы, фаршевая композиция.

Пищевые волокна — это химический и структурный комплекс растительных волокон, из которых состоят листья капусты, кожура бобовых, фруктов, овощей, а также семян. Они не перевариваются пищеварительными ферментами организма человека, но в значительной степени перерабатываются полезной микрофлорой кишечника. Также их еще называют клетчаткой.

Применение пищевых добавок допустимо только в том случае, если они даже при длительном потреблении в составе продукта не угрожают здоровью человека, и при условии, что поставленные технологические задачи не могут быть решены иным путем.

Для производства пищевых продуктов предприятия мясной промышленности используют большое количество разнообразных пищевых добавок. Как правило, добавки выполняют различные функции и придают продуктам требуемые свойства. Например, увеличение сроков хранения продуктов, упрощение процесса производства, сохранение внешнего вида изделий. Также существуют различные добавки, позволяющие производителю получать экономическую выгоду из продуктов [1, 2].

Для усовершенствования мясных продуктов из мяса птицы разработана фаршевая композиция с добавлением зародышей пшеницы в качестве пищевого волокна.

Цель: исследовать влияние биологически активных добавок и пищевых волокон на изменение функциональных и биотехнологических свойств многокомпонентных продуктов из мяса птиц.

Новизна: на основе изучения влияния пищевых волокон и БАД на биотехнологические и функциональные свойства обоснована целесообразность использования этих компонентов в производстве мясных продуктов. Обосновано применение в функциональном питании.

Объекты и методы исследования: мясо, белковые добавки, пищевые волокна, мясные фарши, колбасные изделия функционально-технологические, биохимические, микробиологические, спектрофотометрические, органолептические.

В результате разработана рецептура фарша (таблица 1) и получена органолептическая оценка продукта (таблица 2, рисунок 1)

**Таблица 1. Рецептура и химический состав нового продукта**

Ингредиенты	Масса, кг	Массовая доля, %			
		Жиры	Белка	Углеводов	Воды
Зародыши пшеницы	10,00	9,72	23,15	38,60	11,12
Печень куриная	30,00	5,90	20,40	0,73	70,90

Белковая пищевая добавка	20,00	8,20	21,20	0,00	69,70
Говядина II категории	40,00	6,40	19,40	0,00	73,30
Итого, кг	100,00	30,22	84,15	39,33	225,02

Таблица 2. Органолептическая оценка

	Образец
Внешний вид и консистенция	Продукт не вызывает не каких подозрений при внешнем визуальном осмотре все соответствует показателям которым должен отвечать данный продукт
Цвет	Свойственный данному виду продукта
Запах и вкус	Свойственные данному виду продукта
Соответствие требованиям ГОСТ	Соответствует

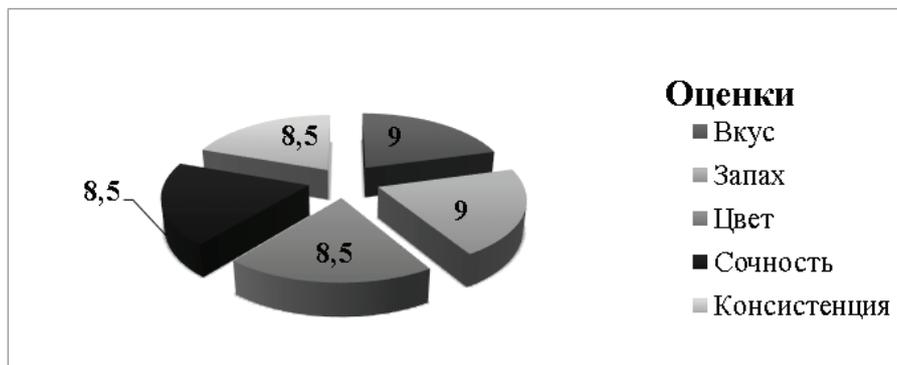


Рис. 1. Результаты органолептической оценки продукта

По имеющимся данным рассчитан аминокислотный скор нового образца фаршевой композиции (рисунок 3).

### АМИНОКИСЛОТНЫЙ СКОР ПРОДУКТА

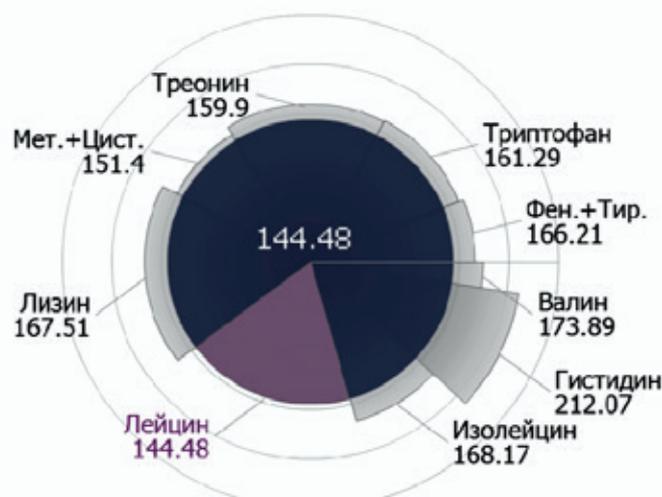


Рис. 2. Аминокислотный скор продукта

Разработана технологическая схема для составления фаршевой композиции и далее котлет, биточков, шницелей, бифштексов согласно схеме (таблица 3)

Таблица 3. Технологическая схема

<b>Мясо на костях</b>		
-	-	-
Остывшее	Замороженное	Охлажденное
	-	
	Размораживание	
	-	
	Разделка	
	-	
	Обвалка, жиловка	
	-	
Подготовка посолочных ингредиентов и специй	Измельчение	Подготовка наполнителей (зародыши зерна, белковая пищевая добавка)
-	-	-
<b>Приготовление фарша</b>		
	-	
Котлеты, биточки, шницели, бифштексы	Формование	Бифштекс, фарш
	-	-
	Панирование	Фасование
	-	
<b>Упаковывание</b>		
-	-	-
Охлаждение	Хранение	Замораживание
	-	
	Транспортирование	
	-	
	Реализация	

В последнюю очередь были проведены испытания нового образца фаршевой композиции на пищевую безопасность и соответствии предъявляемым ГОСТам и стандартам (таблица 4).

Таблица 4. Протокол испытаний

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование показателей, единицы измерений</b>	<b>НД на методы испытаний</b>	<b>Нормы по НД</b>	<b>Фактически получено</b>
1	Токсичные элементы, мг/кг, не более:			
	Свинец	ГОСТ 26932–86	0,5	Не обнаружено
	Мышьяк	ГОСТ 26930–86	0,1	Не обнаружено
	Кадмий	ГОСТ 26933–86	0,05	Не обнаружено
	Ртуть	ГОСТ 26927–86	0,03	Не обнаружено
2	Пестициды, мг/кг, не более:			
	Гексахлорциклогексан (α,β, γ-изомеры)	МУ 2142–80 МУ 2142–80	0,10,1	Не обнаружено
	ДДТ и его метаболиты			Не обнаружено
3	Антибиотики, мг/кг, не более:			
	левомицетин	СТРК ИСО 13493–07	Не допускается	Не обнаружено
	тетрациклиновая группа	СТ РК 1505–2006	Не допускается	Не обнаружено

4	Внешний вид	ГОСТ 9959–91	Однородная масса без костей, хрящей, сухожилий, грубой соединительной ткани, кровяных сгустков и пленок, измельченная на волчке с диаметром отверстий решетки 2-3мм	Однородная масса без костей, хрящей, сухожилий, грубой соединительной ткани, кровяных сгустков и пленок, измельченная на волчке с диаметром отверстий решетки 2-3мм
5	Консистенция	ГОСТ 9959–91	Без свободно выделяющейся влаги	Без свободно выделяющейся влаги
6	Цвет	ГОСТ 9959–91	От темно-красного до светло-розового	Красный
7	Запах:	ГОСТ 9959–91	Свойственный доброкачественному сырью	Свойственный доброкачественному сырью
8	Массовая доля жира,%, не более	ГОСТ 23042–85	33,5	32,7
9	Радионуклиды Бк/кг: не более Цезий-137	ГОСТ 32161–2013	не более 200	5,5

Практическая значимость разработанного фарша — использование результатов работы для расширения ассортимента мясопродуктов, научно-технической поддержки предприятий птицеперерабатывающей отрасли.

В результате разработана фаршевая композиция исследованная по различным показателям и доказана пригодность употребления нового фарша для создания различных продуктов из мясного сырья.

#### Литература:

1. Сарафанова, Л. А. Пищевые добавки: Энциклопедия. — 2-е изд., испр. и доп. — СПб: ГИОРД, 2004. — 808 с.
2. Амирханов, К. Ж., Асенова Б. К., Нургазезова А. Н. и др. Современное состояние и перспективы развития производства мясных продуктов функционального назначения. — Монография. — Алматы: 2013. — 127 с.

## Автоматизация процесса получения анилина на стадии ректификации

Беджанян Марат Артурович, студент  
Волгоградский государственный технический университет

В промышленности автоматизации уделяется большое внимание. Это объясняется сложностью и высокой скоростью протекания технологических процессов, а также чувствительностью их к нарушению режима, вредность условий работы, взрыво- и пожароопасности перерабатываемых веществ и так далее.

Анилин (аминобензол) — представляет собой бесцветную маслянистую жидкость с характерным запахом, немного тяжелее воды и плохо в ней растворим [1].

Ректификация — тепло-массообменный процесс, который осуществляется в противоточных колонных аппаратах с контактными элементами (насадка, тарелки). В процессе ректификации происходит непрерывный обмен между жидкой и паровой фазой. Жидкая фаза обогащается более высококипящим компонентом, а паровая фаза — более низкокипящим. Процесс теплообмена происходит по всей высоте колонны между стекающим вниз дистиллятом, образующимся наверху колонны

(флегмой), и поднимающимся вверх паром. Чтобы интенсифицировать процесс теплообмена применяют контактные элементы, увеличивающие поверхность взаимодействия фаз. В случае применения насадки, флегма стекает тонкой пленкой по ее развитой поверхности. В случае применения тарелок, пар в виде множества пузырьков, образующих развитую поверхность контакта, проходит через слой жидкости на тарелке [2].

В настоящее время практически любой технологический процесс не может обойтись без автоматической системы управления. При правильном использовании АСУ можно достичь минимальных погрешностей, оптимальных параметров эксплуатации всего процесса.

Большинство свойств, характеризующих качество продукции, формируются в ходе технологических процессов ее производства. Несвершенство технологических процессов вызывает отклонения действительных значений количественных характеристик продукции от

номинальных, тем самым снижая ее показатели качества и безопасности. Все технологические параметры, влияющие на качество продукции, должны контролироваться. Однако только использование хорошо организованной системы входного контроля еще не гарантируют обеспечения высокого качества готовой продукции.

Необходимо управлять процессом производства, понижая влияние дестабилизирующих факторов, чего можно достичь, располагая достаточными сведениями о состо-

янии и возможностях производственных процессов. Качество технологического процесса — важнейший из критериев, определяющий качество продукции. [3]

Технологический процесс получения анилина запроектирован двумя потоками на стадии контактирования и одним потоком на стадии дистилляции. В данной статье рассматривается автоматизация процесса ректификации анилина (рис. 1) путём выбора средств измерения технологических параметров.

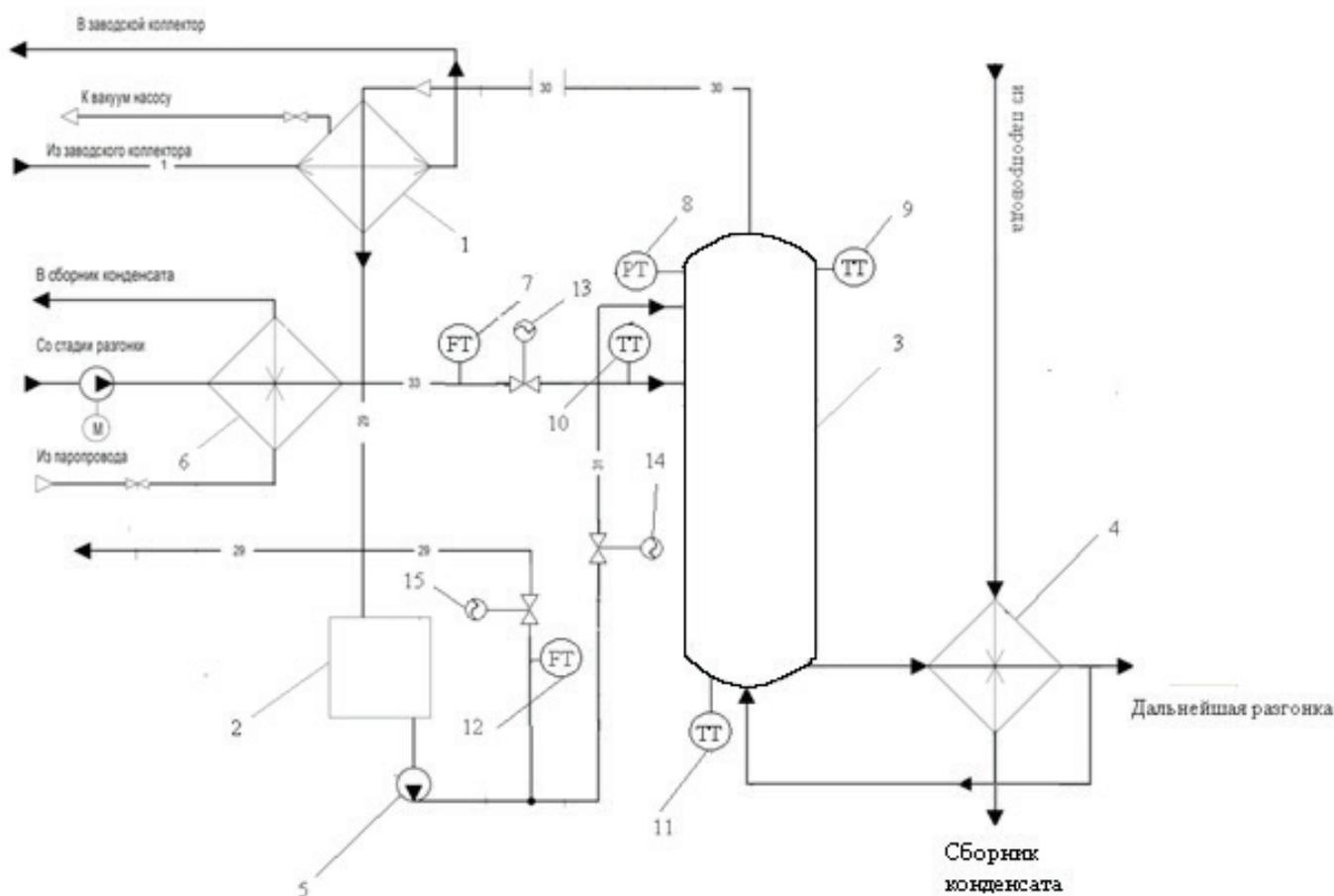


Рис. 1. Функциональная схема процесса ректификации анилина: 1 — дефлегматор; 2 — ёмкость товарного анилина; 3 — ректификационная колонна; 4 — выносной кипятыльник; 5 — насос; 6 — теплообменник; 7 — датчик расхода исходной смеси; 8 — датчик давления; 9 — датчик температуры верха колонны; 10 — датчик температуры подаваемой смеси; 11 — датчик температуры куба; 12 — датчик расхода анилина уходящего на склад; 13 — клапан на линии подачи исходной смеси; 14 — клапан на линии подачи флегмы в колонну; 15 — клапан регулирующий количество уходящего на склад анилина

Ректификация анилина производится в колпачковой тарельчатой колонне. Число тарелок 30. Среда в колонне токсичная и пожароопасная. Остаточное давление в верхней части колонны не более 40 мм.рт.ст. которое создается масляным вакуум-насосом и поддерживается клапаном.

Колонна имеет куб, снабженный выносным кожухотрубчатый кипятыльником, который обогревается паром температурой 160°C, который поступает в кипятыльник из

паропровода. Циркуляция кубовой жидкости через кипятыльник естественная.

Кубовая жидкость из куба колонны со стадии отгонки легкокипящих фракций в количестве 6375–7320 л/ч непрерывно подается на 12-ю тарелку (считаю снизу) колонны через теплообменник нагреватель, где смесь подогрывается до температуры 128–130°C. Температура в кубе колонны 138–140°C поддерживается изменением расхода греющего пара в выносном кипятыльнике.

Пары дистиллята (товарный анилин), выходящие из колонны при температуре 97–98°C, конденсируется в трубчатом дефлегматоре, который охлаждается оборотной водой. Пары дистиллята, конденсируясь, стекают в емкость товарного анилина объемом 6.3 м<sup>3</sup>. Массовая доля основного вещества в товарном анилине должна быть не менее 99.4%, воды не более 0.3%, нитробензола не более 0.004%.

Из емкости товарного анилина в количестве 5675–6420 л/ч непрерывно откачивается на склад анилина. Количество анилина измеряется датчиком расхода и регулируется клапаном

Остаток дистиллята в количестве 11350–12840 л/ч из емкости насосом в виде флегмы возвращается в колонну.

Кубовая жидкость из колонны в количестве 600–800 л/ч при температуре 138–140°C подается на дальнейшую разгонку для получения анилина более низких сортов.

На основе анализа технологического процесса были выбраны следующие средства автоматизации:

- в качестве исполнительного механизма выбирается клапан регулирующий клеточный ПОУ 32р, который является стационарным элементом систем автоматического управления технологическими процессами и предназначен для регулирования расхода потока рабочей среды в системах автоматического управления технологическими процессами [4];

- датчики расхода жидкости Rosemount 3051SFC. Область применения: химическая, нефтяная, газовая, пищевая и другие отрасли промышленности. Расходомеры на базе Rosemount предназначены для наиболее точного измерения расхода жидкостей и передачи информации для технологических целей и учётно-расчётных операций [5];

- датчики температуры МЕТРАН-274. Предназначены для измерения температуры нейтральных и агрессивных сред, по отношению к которым материал защитной арматуры является коррозионностойким. Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный в головку датчика измерительный преобразователь преобразуют измеряемую температуру в унифицированный выходной сигнал постоянного тока, что дает возможность построения АСУТП без применения дополнительных нормирующих преобразователей [6];

- датчик давления АИР 10Н. Малогабаритные микропроцессорные датчики давления с поддержкой HART-протокола, обеспечивающей возможность интегрирования датчиков в современные автоматизированные системы управления технологическими процессами [7].

Вывод: в данной статье рассмотрена задача автоматизации технологического процесса ректификации анилина. Учитывая все условия для получения конечного продукта, были выбраны наиболее подходящие средства измерения и автоматизации.

#### Литература:

1. Артеменко, А.И. Органическая химия. 1987. — 320 с.
2. Электронный ресурс “Понятие процесса ректификации” сайт АНТОР // URL: <http://www.antor.narod.ru>
3. Костерёв, В.В. Надёжность технических систем и управление риском, 2008—280 с
4. Электронный ресурс “Клапаны регулирующие клеточные ПОУ” сайт Нео технология // URL: <http://www.neotechnology.ru>
5. Каталог продукции Метран // URL: <http://www.emersonprocess.com>
6. Электронный ресурс “Расходомеры и первичные элементы Rosemount со стабилизирующими диафрагмами” сайт Emerson // URL: <http://www2.emersonprocess.com/>
7. Электронный ресурс “Микропроцессорные датчики давления с протоколом HART” сайт ЭЛЕМЕР // URL: <http://www.elemer.ru>

## Остаточный ресурс грузоподъёмных кранов

Бельман Павел Андреевич, директор  
Юденко Николай Викторович, инженер-эксперт  
Шефер Евгений Викторович, инженер-эксперт  
000 «Сибирская экспертиза» (г. Омск)

*В статье рассматриваются несколько подходов для оценки остаточного ресурса и обосновывается необходимость исследования расчетных методик определения остаточного ресурса грузоподъёмных кранов.*

**Ключевые слова:** остаточный ресурс, грузоподъёмный кран, экспертиза, ресурс.

Не теряет своей актуальности вопрос гарантирования безопасной эксплуатации грузоподъёмных кранов,

более того, с учетом низкого процента технического обновления грузоподъёмных кранов, эта проблема только

усугубляется. В качестве примера приведем следующие данные: в Российской Федерации средний период использования грузоподъемных кранов достиг 28 лет, — это в 2 раза превышает установленные нормативы. Указанная ситуация обусловлена отставанием темпов технического переоснащения от требуемых. Более того, статистическая информация Росстата свидетельствует о том, что порядка 80–82% парка грузоподъемных машин давно отработали положенный им срок.

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» № 116-ФЗ относит подъемные сооружения к категории опасных объектов промышленности. Соответственно, их собственники имеют обязательство по гарантированию безопасной эксплуатации на строительных объектах. Существующая на сегодняшний день система контроля безопасности эксплуатируемого грузоподъемного крана, использование которого ведется сверх нормативного срока, требует обязательного экспертного диагностирования кранов организациями, имеющими соответствующие разрешения, руководствующихся специально разработанными документами Ростехнадзора [1].

После установления реального технического состояния грузоподъемного крана период эксплуатации продлевается в соответствии с определенным прогнозным сроком достижения предельного состояния, также называемого «остаточным ресурсом». При этом устанавливается поэтапное продление периода эксплуатации, ограниченного «остаточным ресурсом», с обязательным условием проведения профилактических ремонтных работ и соблюдением паспортных режимов и условий эксплуатации грузоподъемного крана.

Расчет остаточного ресурса представляет собой процедуру установления периода, на протяжении которого имеется определенная вероятность того, что техническое состояние грузоподъемного крана, его металлоконструкции, не достигнет предельного состояния. Существует ряд групп предельных состояний металлоконструкций грузоподъемных кранов. Указанные группы характеризуются:

- статической прочностью (длительной прочностью, хрупким разрушением, потерей устойчивости формы);
- усталостной прочностью (мало- и многоцикловой);
- деформативностью (местной, общей);
- стойкостью к образованию трещин.

Рассмотрим несколько существующих методов по оценке остаточного ресурса [2]:

1. Оценка остаточного ресурса грузоподъемного оборудования (ГПО) с использованием в расчетах часов наработки.

$$X_f = Y_n \cdot Z_y$$

где  $Z_y$  — число часов, отработанных краном в году;  $Y_n$  — нормативный срок службы крана.

Режим нагружения  $L_i$  связан с числом подъемов груза определенной массы, выраженной в долях грузоподъемности крана. Он определяется в зависимости от коэффи-

циента распределения нагрузок  $K_m$  для кранов, рассчитываемом по формуле:

$$K_m = \sum \left[ \left( \frac{P_i}{P_{max}} \right) \cdot \frac{t_i}{t_T} \right]$$

где  $t_i$  — средняя продолжительность использования механизма при частных уровнях нагрузки —  $P_i$ ;  $t_T$  — общая продолжительность при всех частных уровнях нагрузки,  $t_T = \sum t_i$ ;  $P_i$  — значение масс отдельных грузов (уровни нагрузок) при типичном применении данного подъемного сооружения;  $P_{max}$  — значение наибольшей нагрузки, приложенной к механизму.

Определив группу классификации (режима) крана в целом (данные берутся из паспорта крана) получаем максимальное количество часов наработки, которые может выполнить кран ( $X_H$ ). Ресурс ГПО по количеству часов наработки рассчитывается по формуле:

$$X_{ost.n} = X_H - X_f$$

2. Оценка остаточного ресурса оборудования по параметрам коррозии (износа).

Коэффициент вариации  $v$  глубины коррозии по поверхности определяют по формуле:

$$v = \frac{\sigma}{h}$$

где  $h$  — средняя глубина коррозии, мм;  $\sigma$  — среднее квадратическое отклонение (СКО) контролируемого параметра.

Доверительную вероятность  $\gamma$  выбирают не менее 0,90.

По известному значению  $v$  по справочнику выбирают значения параметров распределения Вейбулла  $b$  и  $K_b$ .

По средней глубине коррозии (износа) определяют значение параметра масштаба:

$$a = \frac{h}{K_b}$$

Максимальную вероятную глубину коррозии (износа) на всей поверхности, подлежащей обследованию, определяют расчетом по формуле:

$$h_{max} = a \cdot \left[ -\ln \left( -\ln \frac{\gamma}{M} \right) \right]^{\frac{1}{b}}$$

где  $\gamma$  — требуемая достоверность оценки;  $M = \frac{F}{F_0}$  —

показатель масштаба;  $F$  — площадь поверхности, подлежащая обследованию;  $F_0$  — площадь поверхности, входящая на одно независимое измерение.

Таким образом для прогнозирования остаточного срока службы оборудования на основании расчета остаточного срока службы основных его элементов и определения минимального значения этой величины определяется выражением:

$$T = \min T^i$$

При этом остаточный срок службы элемента оборудования рассчитывают по формуле:

$$T^i = \frac{(\delta - [\delta]_m^i)}{\bar{C}^i}$$

где  $\bar{\delta}^i$  — средняя толщина  $i$ -го элемента, мм;  $[\delta]_m^i$  — минимально допустимая толщина  $i$ -го элемента, мм;  $\bar{C}^i$  — средняя скорость коррозии (износа)  $i$ -го элемента, мм/год.

$$\bar{C}^i = \frac{\bar{h}_i}{T_i}$$

где  $T_i$  — время эксплуатации оборудования, лет;  $\bar{h}_i$  — средняя глубина коррозии (износа)  $i$ -го элемента, мм.

Скорость коррозии (износа) элемента может значительно отличаться от средней величины. Тогда с учетом разброса:

$$C_{\frac{max}{min}}^i = C^i \cdot (1 \pm \alpha)$$

где  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий разброс скоростей коррозии (износа).

Минимальная допустимая толщина элементов оборудования  $[\delta]_{min}^i$  принимается с учетом показателей прочности и устойчивости.

Остаточный срок оборудования по критерию повреждений, связанных с коррозией и износом:

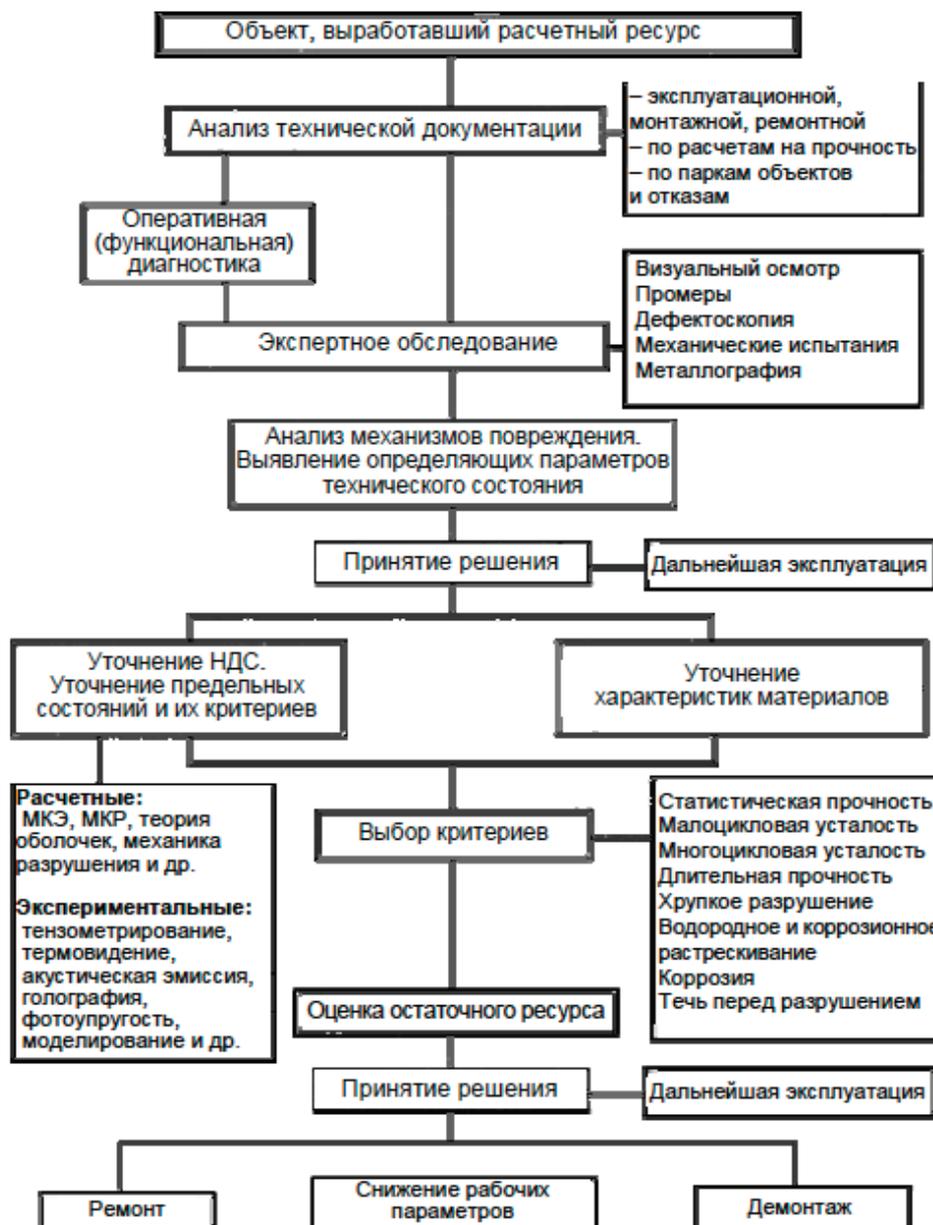


Рис. 1. Схема определения остаточного ресурса потенциально опасных объектов: МКЭ — метод конечных элементов; МКР — метод конечных разностей

$$T_G^i = \frac{\delta_{min}^i - [\delta]_{min}^i}{C_{max}^i}$$

Рассмотренные методы оценки остаточного ресурса используются различными экспертными организациями Российской Федерации при решении задачи по определению остаточного ресурса.

Остаточный ресурс грузоподъемного крана каждого типа требуется оценивать по специально разработанным головными организациями или органами Ростехнадзора методикам [3].

Существующая практика экспертного обследования грузоподъемного крана, определения остаточного ресурса производится согласно экспертному методу по балльной системе на основе заключения проводивших обследование экспертов [4]. На рис. 1 изображена общая схема

определения остаточного ресурса потенциально опасных объектов [5].

Сопоставление фактических показателей несущей способности конструкции грузоподъемного крана позволяет установить величину остаточного ресурса его конструкции, а именно: сопротивление усталости, остаточные деформации, коррозия и др., — с критериями, соответствующими установленным предельным состояниям.

Таким образом, прогнозирование остаточного ресурса в первую очередь имеет цель предотвратить и/или минимизировать последствия аварий и инцидентов, повлекших риск потери жизни и здоровья людей, задействованных в процессе монтажа (демонтажа), пуска-наладки, модернизации и дальнейшей эксплуатации грузоподъемных кранов.

Следует также отметить, что в настоящее время отсутствуют исследования, посвященные сравнительной оценке сложности различных методик и получаемых результатов.

#### Литература:

1. Синельщиков, А. В., Дроздов В. Н. Расчетные методы определения остаточного ресурса несущих металлоконструкций грузоподъемных кранов // Вестник Астраханского государственного технического университета. — 2012. — № 1. — с. 62–65.
2. Богданов, А. П., Гайнуллин А. А., Ефимов А. А., Левкович Р. В., Наумов Д. С., Окулов К. Ю. Обзор методов укрупненной оценки остаточного ресурса оборудования, эксплуатируемого на опасных производственных объектах // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. — 2015. — № 1 (11). — с. 98–105.
3. РД 24–112–5Р. Руководящий документ по оценке остаточного ресурса кранов мостового типа // Техническая книга. URL: [http://tehnokniga.com/library/rd/rd\\_169/](http://tehnokniga.com/library/rd/rd_169/) (дата обращения: 19.03.2016).
4. РД 10–112–2–09. Методические рекомендации по экспертному обследованию грузоподъемных машин. Часть 2. Краны стреловые общего назначения и краны-манипуляторы грузоподъемные // Информационная система МЕГАНОРМ. URL: <http://meganorm.ru/Data2/1/4293828/4293828984.htm> (дата обращения: 19.03.2016).
5. Синельщиков, А. В., Дроздов В. Н. Расчетные методы определения остаточного ресурса несущих металлоконструкций грузоподъемных кранов // Вестник Астраханского государственного технического университета. — 2012. — № 1. — с. 62–65.

## Применение магнитной дефектоскопии при техническом диагностировании подъемных сооружений

Бельман Павел Андреевич, директор  
Юденко Николай Викторович, инженер-эксперт  
Шефер Евгений Викторович, инженер-эксперт  
ООО «Сибирская экспертиза» (г. Омск)

*В статье рассмотрен метод магнитного контроля, позволяющий обеспечить высокий уровень контроля остаточного ресурса металлоконструкций кранов и тросов, обеспечивающий возможность продления срока эксплуатации подъемных сооружений.*

**Ключевые слова:** магнитный метод, промышленная безопасность, подъемное сооружение, неразрушающий контроль, остаточный ресурс.

В настоящее время значительная часть подъемных сооружений в Российской Федерации выработала свой срок службы. Подъемные сооружения и гру-

зоподъемные краны, применяемые сегодня строительными организациями, изношены на 82%, требуют модернизации.

По результатам анализа, проведенного Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ, аварии на подъемных сооружениях превышают 20% всех аварий на опасных производственных объектах России. Среди основных причин — отсутствие необходимого производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности со стороны эксплуатирующих организаций. Другой основной причиной является отсутствие соответствующего контроля со стороны инженерно-технических работников и ответственных лиц, отвечающих за соблюдение требований промышленной безопасности, а также норм и правил при эксплуатации подъемных сооружений [1].

Периодические экспертные обследования подъемных сооружений, проводимые с целью определения возможности и условий дальнейшей эксплуатации, позволяют обеспечить необходимую безопасность после истечения нормативного срока службы.

Многими экспертными организациями для прогнозирования работоспособности подъемных сооружений используются методики оценки остаточного ресурса, которые базируются на применении метода неразрушающего магнитного контроля.

Применение этого метода целесообразно для контроля напряженно-деформированного состояния металла, уровня пластической деформации и усталостных повреждений наиболее нагруженных узлов металлоконструкций, работающих в условиях длительного циклического нагружения [2].

Основным контролируемым параметром является коэрцитивная сила, величина остаточной намагниченности

(при значении величины магнитной индукции, равной нулю).

В общем виде остаточный ресурс металлоконструкции определяется по формуле [3]:

$$T = \frac{(H_c^{inst} - H_c)}{A_H}$$

где:  $T$  — остаточный ресурс конструкции, год,  $H_c^{inst}$  — предельное значение коэрцитивной силы для данной стали, характеризующее накопление усталостных повреждений, А/см,  $H_c$  — среднее значение коэрцитивной силы, полученное в результате замеров, А/см;  $A_H$  — скорость роста коэрцитивной силы (скорость накопления повреждений), (А/см)/год.

Скорость роста коэрцитивной силы определяется из выражения [3]:

$$A_H = \frac{(H_c - H_c^0)}{C}$$

где:  $H_c^0$  — исходное значение коэрцитивной силы (для поставки металла).

Приборы, реализующие метод магнитного контроля, выпускаются различными мировыми производителями, в числе которых Rosen, Silverwing, NDT Technologies, ИНТРОН ПЛЮС и пр.

При обследовании подъемных сооружений особое внимание уделяется канатно-блочным системам. Для этого применяются визуально-измерительный и магнитный методы контроля. На рис. 1 представлена конструкция стального каната.

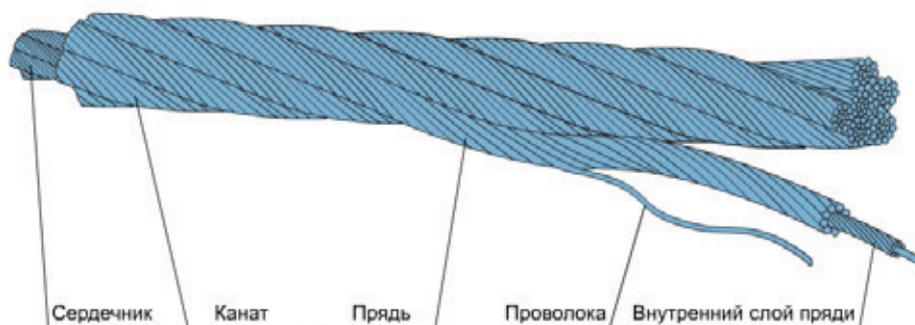


Рис. 1. Стальной канат двойной свивки

Выявление дефектов канатов, скрытых под толстым слоем застаревшей смазки, является очень трудоемким процессом. Визуально-измерительный метод при таких условиях не обеспечивает эффективности и достоверности контроля, в то время как применение магнитного метода позволяет эффективно выполнить поставленную задачу.

Результатом проведения обследования участков грузового каната крана являются дефектограммы потери площади сечения (ПС) и локальных дефектов (ЛД). Полученные сигналы анализируются и классифицируются. На рис. 2 в качестве примера показана исходная (верхний

график) и сглаженная (нижний график, искусственно смещенный вниз) дефектограммы потери сечения каната, полученные с помощью дефектоскопа Интрос. На исходной дефектограмме присутствует характерная регулярная по мехе от свивки прядей каната [4].

Долговечность каната следует понимать как его свойство сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Существенное влияние на долговечность каната оказывают эксплуатационные и технологические факторы.

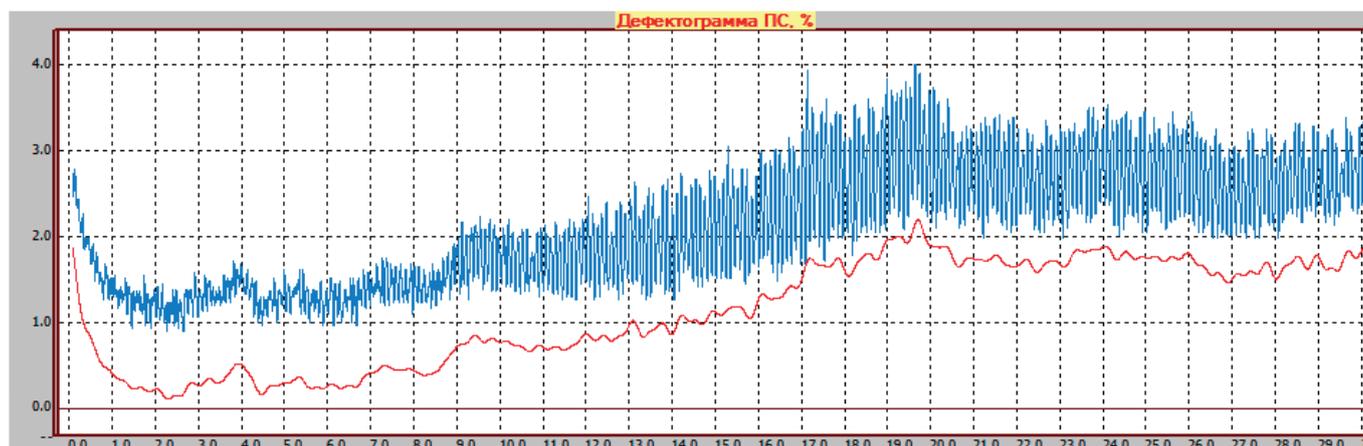


Рис. 2 Дефектограмма каната

К эксплуатационным факторам можно отнести следующие:

- наличие абразивной пыли при эксплуатации, приводящей к повышенному изнашиванию проволок;
- наличие паров кислот и щелочей в химических цехах и действие морской воды, увеличивающих коррозию проволок;
- высокую температуру (металлургические краны), ухудшающую условия смазывания и способствующую повышенному изнашиванию проволок;
- раскачивание груза при работе крана, вызывающее дополнительное трение каната о реборды блока и трение каната о канат.

С увеличением напряжения интенсивно возрастает число оборванных проволок по длине шага свивки, следовательно, уменьшается долговечность каната.

Материал желоба блока также оказывает существенное влияние на долговечность стальных канатов. Исследования показали, что долговечность канатов на блоках из серого чугуна в среднем на 15–30% выше, чем на блоках из стали. Долговечность стальных канатов на блоках, футерованных полимерными материалами, увеличилась в 2–2,5 раза по сравнению со стальными блоками.

К технологическим факторам относятся следующие [5]:

- качество проволоки, применяемые смазочные материалы;
- характер свивки и др.

Определение износа и коррозии производится с помощью микрометра или иного инструмента, обеспечивающего достаточную точность (с погрешностью не более 0,1 мм) [6]. Измеряют диаметр каната, находят шаг свивки; на всей длине шага свивки определяют число оборванных проволок и первоначальный коэффициент запаса прочности. Браковка каната производится согласно данным, приведенным в первой графе табл. 1, причем число обрывов как норма браковки принимается за условное. При подсчете обрыв тонкой проволоки принимается за 1, а обрыв толстой проволоки — за 1,7.

Если кроме обрывов проволок канат имеет поверхностный износ или коррозию, а также забоины и замятины, то число обрывов проволок, при котором канат бракует, снижается в соответствии с признаками (данными), приведенными в табл. 2 [6].

Основанием для браковки канатов необходимо считать также наличие следующих дефектов:

- выход сердечника в каком-либо месте каната;
- западание внутрь одной или нескольких прядей каната в месте предполагаемого выхода (обрыва) сердечника;
- уменьшение на 10% наружного диаметра каната (образование «шейки») в месте выхода (обрыва) сердечника;
- образование «фонарей», петель (удлинение одной или нескольких проволок, прядей).

Теоретический расчет напряженного состояния несущих элементов подъемных сооружений представляет

Таблица 1. Число обрывов проволок на длине одного шага свивки каната, при котором канат должен быть забракован

Первоначальный коэффициент запаса прочности при установленном Правилами отношении	Конструкция каната							
	6 x 19 = 114		6 x 37 = 222		6 x 61 = 336		18 x 19 = 342	
	и один органический сердечник		и один органический сердечник		и один органический сердечник		и один органический сердечник	
Свивка каната								
	Крестовая	Односторонняя	Крестовая	Односторонняя	Крестовая	Односторонняя	Крестовая	Односторонняя
До 6	12	6	22	11	36	18	36	18

Таблица 2. Нормы браковки каната в зависимости от поверхностного износа или коррозии

Уменьшение диаметра проволок в результате поверхностного износа или коррозии, %	Процент от норм числа обрывов проволок на длине одного шага свивки каната, указанных в табл. 1
10	85
15	75
20	70
25	60
30 и более	50

сложную задачу. Поэтому практические возможности неразрушающего магнитного контроля для объективной оценки состояния металлоконструкций делают его перспективным.

Рассмотренный магнитный метод контроля не требует ни разрушения готовых изделий, ни вырезки образцов. Его использование позволяет избежать значительных материальных и временных затрат, частично автоматизировать операции контроля, повысив при этом надёжность. Кроме того, данный метод контроля обладает достаточно большой информативностью и обеспечивает высокую производительность, но для его эффективного применения требуется проектирование оптимальной, отвечающей конкретной задаче измерительной системы, использование специальных методов обработки сигналов и корректного представления инспекционных данных.

Рассмотренный магнитный метод контроля не требует ни разрушения готовых изделий, ни вырезки образцов. Его использование позволяет избежать значительных материальных и временных затрат, частично автоматизировать операции контроля, повысив при этом надёжность. Кроме того, данный метод контроля обладает достаточно большой информативностью и обеспечивает высокую производительность, но для его эффективного применения требуется проектирование оптимальной, отвечающей конкретной задаче измерительной системы, использование специальных методов обработки сигналов и корректного представления инспекционных данных.

#### Литература:

1. Шапкин, Б. И. Состояние промышленной безопасности при эксплуатации подъемных сооружений // Промышленная и экологическая безопасность. — 2008. — № 4 (18). — с. 52–53.
2. Кузьминов, А. Л., Голубев А. В., Зеленков Н. Н., Глазунов А. Е. Применение магнитных методов контроля при проведении экспертизы подъемных сооружений // European science. — 2015. — № 8 (9). — с. 22–25.
3. Grigorov, O. V. et al. Forecasting the remaining available resource of the metallic bearing structure of the bridge cranes used over the standard operating time // Ann. Univ. Petrosani Mech. Eng. — 2008. — № 10. — с. 59–72.
4. Слесарев, Д. А., Абакумов А. А. Обработка и представление информации в MFL-методе неразрушающего контроля // Академический научно-издательский производственно-полиграфический и книгораспространительский центр Российской Академии Наук «Издательство «Наука» — 2013. — № 9. — с. 3–9.
5. Стальные канаты. Проволоки и пряди нераскручивающихся канатов. // URL: <http://www.bibliotekar.ru/7-gruzopodyomnye-mashiny/26.htm> (дата обращения: 04.03.2016).
6. Браковка стального каната: Стальные канаты и тросы. // URL: <http://www.ritmnn.ru/catalogue/156/176> (дата обращения: 04.03.2016).

## Автоматизация процесса дозирования сыпучего материала с учетом заданного расхода воды и флотореагента

Бурцев Андрей Георгиевич, кандидат технических наук, доцент;  
Матюнина Елизавета Вячеславовна, студент  
Волгоградский государственный технический университет

Дозирование сыпучих материалов является важным этапом цепочки технологических операций. Обычно дозирование осуществляется перед поступлением материала в дробилку для его измельчения. Параллельно с материалом для отделения примесей во входной канал дробилки добавляют воду и флотореагент. Правильное протекание процесса флотации возможно при определенном соотношении между расходами: материала, воды, флотореагента. Данная задача может быть решена при помощи автоматизации процесса дозирования сыпучего материала.

Функциональная схема процесса представлена на рисунке 1.

Технологическая схема, представленная на рисунке 1, состоит из приемного бункера, с помощью которого происходит подача сыпучего материала на ленточный конвейер [1, с. 254]. Лента приводится в движение мотор-редуктором. Дозатор состоит из весового транспортера с бортами, кожухами, подвесками для контрольных весов, формирующей воронкой, датчиков и электрооборудования. Материал, пройдя по ленте, поступает в приемный бункер дробилки. Параллельно с материалом в приемный

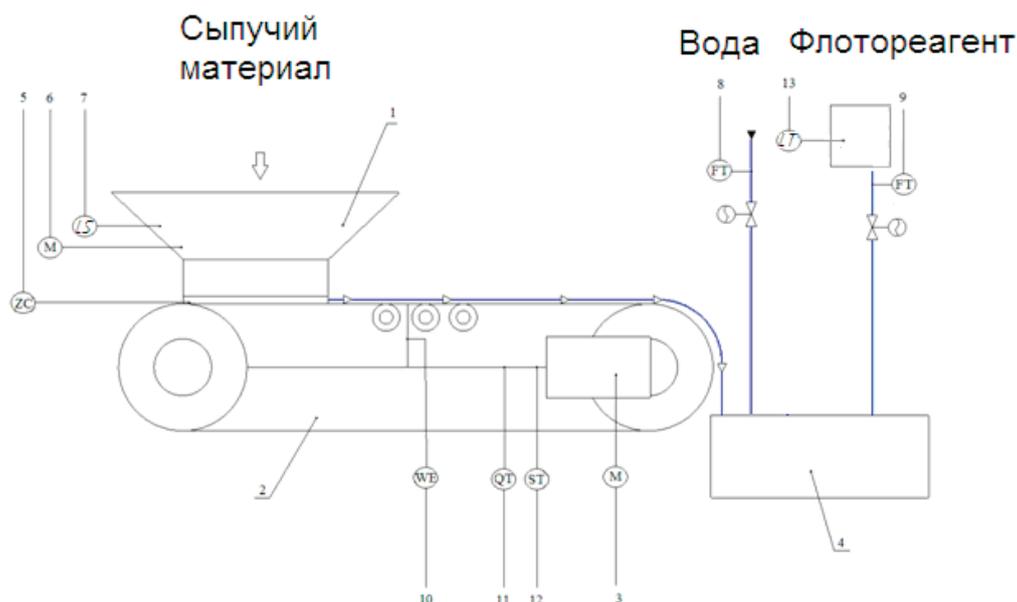


Рис. 1. Технологическая схема дозатора: 1 — приемный бункер; 2 — ленточный конвейер (дозатор); 3 — мотор-редуктор с асинхронным двигателем для вращения ролика ленты; 4 — приемный бункер дробилки; 5 — концевые выключатели для контроля схода ленты (справа и слева); 6 — вибрационный привод бункера; 7 — датчик уровня материала; 8 — датчик расхода воды; 9 — датчик расхода флотореагента; 10 — датчик веса; 11 — датчик оборотов ленты; 12 — датчик скорости вала (энкодер); 13 — ультразвуковой датчик уровня флотореагента

бункер дробилки также подается вода и флотореагент. Соотношение их расходов должно поддерживаться строго определенным и зависит от заданной производительности дозатора по материалу. Вода и флотореагент служат для отделения примесей сыпучего материала в процессе его измельчения на последующем этапе [2, с. 25].

Проведен анализ технологического процесса и выбраны средства автоматизации. В качестве электропривода ленты предлагается применить частотно-регулируемый ВЕСПЕР EI-7011-001H электропривод с управлением по  $U/f$  — характеристике. Частотное регулирование обеспечивает высокое качество управления скоростью асинхронного двигателя.

Датчик уровня материала предназначен для выдачи сигнала о наличии материала в формирующей воронке. В зависимости от исполнения дозатора может быть применен емкостной датчик ДКЕ. Емкостные датчики контролируют наличие, отсутствие, а также уровень сыпучих материалов в резервуаре.

Вибрационный электропривод OLI MVE60/3 бункера необходим для того, чтобы материал, поступающий на ленту, не застревал в бункере [4, с. 128]. Концевые выключатели ВСКЛ для контроля схода ленты предназначены для сигнализации смещения ленты относительно продольной оси дозатора.

Тензодатчик веса T2-0.1-C3 используется для измерения веса материала, находящегося на весоизмерительном участке ленты. Датчик оборотов ДО-01 ленты служит для определения количества полных оборотов ленты. Датчик скорости Siemens IXP8001-1 необходим для измерения скорости вращения быстроходного вала

редуктора. Расходомер предназначен для измерения расхода воды или флотореагента.

Поплавковый датчик уровня ОБЕН ПДУ-И.250 служит для контроля уровня флотореагента в емкости. Выбраны также микродозатор флотореагента Дарконт ООМ004 и регулируемый клапан с электроприводом ВАРИПАК 8013 и расходомер Метран-350-SFA для регулирования расхода воды [3, с. 87].

В качестве управляющего контроллера предложено использовать ОБЕН ПЛК 110-220-32-К с модулями аналогового ввода МУ-110И-8И и аналогового вывода МВ-110-224.8А. Для обеспечения человеко-машинного интерфейса выбрана операторская панель ОБЕН СП-270. Взаимодействие контроллера с панелью и модулями ввода-вывода осуществляется по интерфейсу RS-485.

Рассчитан автоматический регулятор производительности материала. Оценка эффективности его работы возможна с помощью компьютерного моделирования дозатора, как объекта управления. Структурная схема системы управления дозатором с частотным электроприводом выглядит следующим образом:

Коэффициенты передаточной функции АД рассчитаны по паспортным данным двигателя. Для моделирования выбран ПИ-регулятор по рекомендациям структур регуляторов для частотных электроприводов [5, с. 224]. При моделировании системы на вход ПЧ был подан сигнал задания  $G_{зад} = 5 \text{ т/ч}$  (1,4 кг/с). Статический момент  $M_c$  принят равным  $0,5 M_{ном} = 1,3 \text{ Н·м}$ . На вход К подавался имитационный сигнал с датчика веса равный 100 кг·м. На рисунке 3 представлен график переходного процесса. Из рис.3 видно, что после выхода на установившуюся ско-

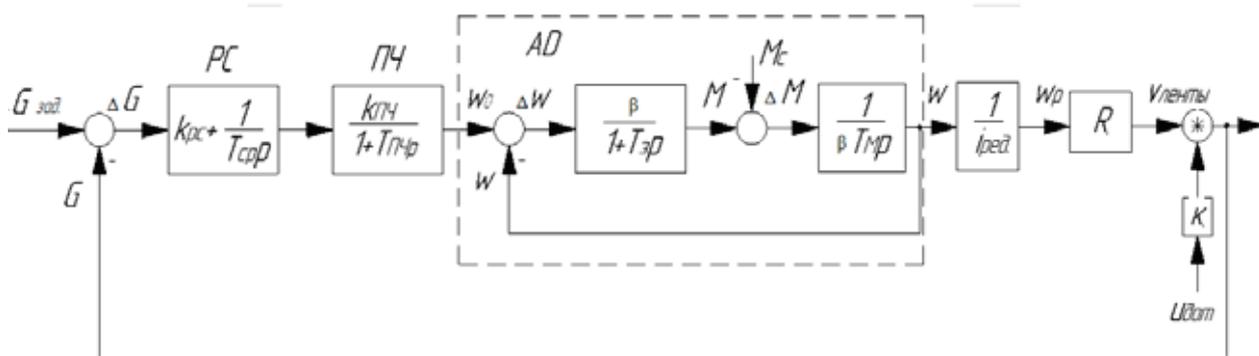


Рис. 2. Структурная схема системы управления:  $G_{зад}$  — заданная производительность,  $K_{pc}$  — пропорциональная составляющая регулятора,  $T_{cp}$  — интегральная составляющая регулятора,  $K_{пч}$  — передаточный коэффициент преобразователя частоты,  $T_{пч}$  — постоянная времени цепи управления преобразователя частоты,  $w$  — угловая скорость,  $\beta$  — модуль жесткости,  $T_s$  — электромагнитная постоянная времени,  $T_m$  — электромеханическая постоянная времени,  $i_{ред.}$  — передаточное число редуктора,  $R$  — радиус роликов,  $K$  — вес материала с датчика

рость вращения (через 0,4 сек от начала) производительность становится постоянной. Далее в момент времени  $t=1$  сек симитировано увеличение веса материала на ленте путем скачкообразного изменения сигнала  $K$  со 100 кг/с до 120 кг/с. В результате из рис.3 видно, что ре-

гулятор автоматически изменяя скорость вращения двигателя выровнял производительность  $G$  к заданному значению 1,4 кг/с. Время переходного процесса составило 0,4 сек, перерегулирование — 12%, что является допустимым по регламенту.

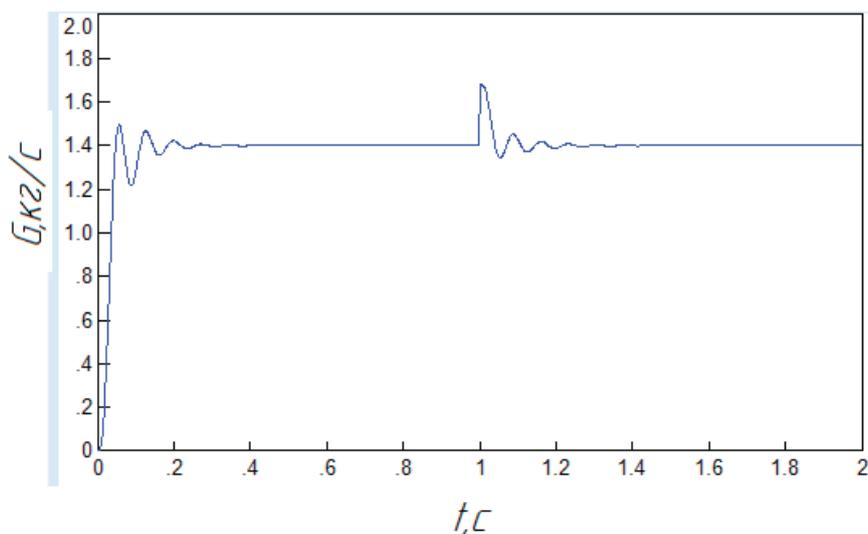


Рис. 3. График системы управления технологическим процессом

В данной статье рассмотрена задача автоматизации технологического процесса дозирования сыпучего материала с учетом расхода воды и флотореагента. Проведен выбор средств автоматизации. Составлена структурная схема и выполнено моделирование весового дозатора в программе компьютерного моделирования. Результаты моделирования показали, что при возмущающих воздей-

ствиях со стороны датчика веса в диапазоне  $\pm 20\%$ , производительность автоматически поддерживается регулятором с временем переходного процесса 0,4 сек и перерегулированием 12%. Это свидетельствует о том, разработанный алгоритм управления может быть применен в системе управления дозатором.

Литература:

1. Белов, М. П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов / М. П. Белов, В. Л. Новиков, Л. Н. Рассудов. — М.: Издательский центр «Академия», 2007. — 576с.

2. Ерофеева, Е. В. Проектирование автоматизированных систем: методические указания к выполнению самостоятельной работы для студентов специальности «Автоматизация технологических процессов и производств» / Е. В. Ерофеева, Б. А. Головушкин. — М.: Иваново, 2008. — 39 с.
3. Шандаров, Б. В. Технические средства автоматизации / Б. В. Шандаров, А. Д. Чудаков. — М.: Издательский центр «Академия», 2007. — 241 с.
4. Щербина, Ю. В. Технические средства автоматизации и управления / Ю. В. Щербина. — М.: МГУП, 2002. — 448 с.
5. Терехов, В. М. Системы управления электроприводом / В. М. Терехов, О. И. Осипов. — М.: Академия, 2005. — 304 с.

## Цифровая обработка дважды стохастических моделей случайных полей

Васильев Константин Константинович, доктор технических наук, профессор;

Дементьев Виталий Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент;

Андриянов Никита Андреевич, аспирант

Ульяновский государственный технический университет

*В настоящей статье представлен краткий обзор алгоритмов цифровой обработки дважды стохастических моделей. Основное внимание уделяется алгоритмам фильтрации и оценивания параметров. Также рассмотрены некоторые алгоритмы имитации таких случайных полей.*

**Ключевые слова:** *дважды стохастические модели, фильтрация изображений, оценивание параметров, моделирование изображений.*

Анализ существующих моделей изображений показал, что необходима разработка новых методов имитации случайных полей для более качественного решения задачи описания изображений. В качестве возможного варианта разработки новых моделей был предложен метод сочетания или комплексирования известных. В силу работанности имеющихся моделей, данный алгоритм моделирования позволил получить весьма удобные в смысле математического описания дважды стохастические модели изображений [1,2]. Способность адекватного описания неоднородных в пространстве изображений позволяет использовать дважды стохастические модели в различных прикладных задачах цифровой обработки изображений.

Применение моделей нового типа поднимает целый ряд задач, связанный с исследованием и синтезом основных алгоритмов обработки таких моделей. Важное место в статистическом анализе многомерных изображений уделяется алгоритмам подавлению шумов. Удовлетворительное решение задачи фильтрации дважды стохастических сигналов, смешанных с белым гауссовым шумом, получено в работах [3,4]. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что использование дважды стохастических моделей для имитации реальных изображений является целесообразным. Это связано с возможностью реализации алгоритмов фильтрации для дважды стохастических моделей.

Успешные результаты были получены также в области восстановления сигналов. Для одномерного случайного процесса была исследована точность восстановления сложного сигнала на базе дважды стохастической

модели [5]. При этом очевидным является выигрыш по сравнению со случаем, когда для восстановления используются известные модели. Действительно, описание сложных сигналов не может быть качественным, если используется модель, параметры которой неизменны. Восстановление с помощью модели, параметры которой меняются на каждом шаге, в общем случае превосходит по точности восстановление на базе простых моделей.

Следует отметить, что помимо, разработки алгоритмов обработки изображений, была осуществлена реализация данных алгоритмов в виде программ для ЭВМ. Работа [6] описывает программный комплекс, созданный для решения задач фильтрации. Программа позволяет осуществлять фильтрацию с использованием фильтров Винера и Калмана. Кроме того, доступен режим сравнения результатов работы различных алгоритмов. Для изображений в [6] фильтр Винера позволяет получить весьма эффективную фильтрацию в случае реализации на основе простых моделей. А вот для дважды стохастических моделей более эффективным является применение нелинейного фильтра Калмана [3].

Одним из направлений дальнейших исследований является исследование в области моделирования последовательностей изображений. Первые модели были получены в работе [7]. Основная идея реализации последовательностей изображений заключается в том, чтобы между кадрами дважды стохастического случайного поля также была корреляция. При этом сама корреляция может быть реализована на основе постоянного коэффициента корреляции.

Таким образом, в настоящее время проведен ряд исследований синтезированных алгоритмов для обработки

дважды стохастический моделей. Среди них особое внимание уделено алгоритмам фильтрации и восстановления. Тем не менее, поиска удовлетворительного решения также требует задача обнаружения сигналов. В связи

с этим в будущем необходимо выполнить синтез алгоритмов, позволяющих повысить эффективность обнаружения сигналов за счет применения смешанных моделей изображений.

#### Литература:

1. Vasil'ev, K. K., Dement'ev V. E., Andriyanov N. A. Doubly stochastic models of images // Pattern Recognition and Image Analysis (Advances in Mathematical Theory and Applications). 2015. Т. 25. № 1. с. 105–110.
2. Андриянов, Н. А., Дементьев В. Е. Смешанные модели изображений на многомерных сетках // Актуальные вопросы технических наук в современных условиях. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2016. с. 9–12.
3. Васильев, К. К., Дементьев В. Е., Андриянов Н. А. Оценивание параметров дважды стохастических случайных полей // Радиотехника. 2014. № 7. с. 103–106.
4. Васильев, К. К., Дементьев В. Е., Андриянов Н. А. Анализ эффективности оценивания изменяющихся параметров дважды стохастической модели // Радиотехника. 2015. № 6. с. 12–15.
5. Андриянов, Н. А., Дементьев В. Е. Восстановление сигнала с использованием смешанной AP-модели // Современные проблемы проектирования, производства и эксплуатации радиотехнических систем. 2014. № 1. с. 64–66.
6. Андриянов, Н. А., Васильев К. К., Дементьев В. Е. Разработка программного комплекса для решения задач фильтрации случайных полей // Современные тенденции в науке, технике, образовании. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 3-х частях. 2016. Ч. 1, с. 40–41.
7. Андриянов, Н. А., Дементьев В. Е. Формирование временных последовательностей дважды стохастических моделей изображений // Сборник научных трудов по итогам 9-й Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы проектирования, производства и эксплуатации радиотехнических систем». 2015. с. 89–93.

## Применение современных алгоритмов шифрования при обеспечении информационной безопасности беспроводных локальных сетей

Визавитин Олег Игоревич, студент;  
Логинова Дарья Алексеевна, студент;  
Таякин Сергей Дмитриевич, студент  
Московский технологический университет

*Целью данной статьи является описание работы основных протоколов шифрования беспроводных сетей с учетом их достоинств и недостатков. Также приведены ключевые рекомендации по комплексной защите беспроводных соединений.*

**Ключевые слова:** беспроводные сети, криптография, Wi-Fi, WEP, WPA, WPA2, шифрование

В современных условиях возрастает необходимость в обеспечении быстрого и защищенного обмена информацией между пользователями. Для обеспечения данного процесса все чаще применяются беспроводные локальные сети. Их широкое распространение объясняется, прежде всего, тем, что для организации беспроводной сети, в отличие от проводной, не требуется предварительная прокладка кабелей передачи данных, что снижает трудоёмкость и стоимость создания подобных сетей. Вместо коммутаторов и сетевых кабелей в беспроводных локальных сетях применяются преобразователи среды, которые осуществляют преобразование информации в радиоволны и передают её в эфир, после

чего переданные радиоволны поступают на приёмное устройство, которое преобразовывает их обратно в информацию.

Под аббревиатурой Wi-Fi, являющейся торговой маркой Wi-Fi Alliance, в настоящее время развивается целый ряд стандартов передачи цифровых потоков данных по радиоканалам.

В связи с увеличением спроса на Wi-Fi сети возникает все больше проблем с обеспечением безопасности беспроводных локальных сетей.

Первым алгоритмом, предназначенным для защиты информации, транслируемой по технологии Wi-Fi, был алгоритм Wired Equivalent Privacy (WEP). Он был раз-

работан в 1997 году Институтом инженеров электротехники и электроники (IEEE). Планировалось, что WEP позволит поддерживать такой уровень безопасности в беспроводных сетях, который можно будет сопоставить с уровнем защиты информации, передаваемой по кабелям.

WEP подразделяется на две модификации, которые зависят от длины используемого ключа — WEP-40 и WEP-104.

В основе WEP лежит циклический избыточный код (CRC32), необходимый для подсчета контрольных сумм и проверки целостности данных, и потоковый шифр RC4 (Rivest Cipher 4), разработанный компанией «RSA Security» в 1987 году. Шифр Ривеста был выбран из-за повышенного быстродействия и возможности использования

переменного размера ключа, но он является уязвимым, если использовать неслучайные или связанные ключи.

В ядре алгоритма RC4 заложена функция генерации псевдослучайных чисел (гаммы), которая выдает поток битов ключа.

Алгоритм шифрования:

1. Функция производит генерацию последовательности битов  $k$ .

2. Далее данная последовательность при помощи операции XOR складывается с открытым текстом  $m$ , что приводит к получению шифрограммы  $s$ :

$$s = m \oplus k$$

Кадр WEP состоит из двух полей: незашифрованной части и зашифрованной.

Незашифрованная часть			Зашифрованная часть	
Вектор инициализации (24 бита)	Пустое место (6 бит)	Идентификатор ключа (2 бита)	Данные	Контрольная сумма (32 бита)

Рис. 1. Схема кадра WEP

Для каждого отдельного кадра создается сид (seed), который является ключом с присоединенным к нему вектором инициализации.

Порядок инкапсуляции:

1. При помощи алгоритма циклического избыточного кода вычисляется контрольная сумма и добавляется в конец кадра.
2. Передаваемая информация и контрольная сумма зашифровываются при помощи алгоритма RC4.
3. Над исходным текстом и шифр-текстом производится операция XOR.
4. Инициализационный вектор и идентификатор ключа добавляются в начало кадра.

Порядок декапсуляции:

1. Происходит добавление вектора инициализации к ключу.
2. Происходит дешифрование с ключом, равным seed.
3. Проводится операция XOR над полученным текстом и шифр-текстом.
4. Сравнивается контрольная сумма.

В первые же годы использования алгоритма WEP, специалистами по информационной безопасности были обнаружены как минимум 4 вида возможных атак:

- использование статистического анализа для расшифрования данных;
- создание зашифрованных пакетов, заставляющих точку доступа принимать заведомо неверные команды;
- создание словарей на основе анализа данных, которые возможно использовать для мгновенного декодирования информации;

— изменение заголовков пакетов данных, для перенаправления их в контролируемую злоумышленниками точку назначения.

Появление в 2001 году разновидности алгоритма с увеличенной разрядностью ключа не помогло решить проблемы с атаками на вектор инициализации, также остались слабыми способ аутентификации и проверка подлинности данных.

В 2004 году в целях обеспечения более высокого уровня безопасности беспроводных сетей организация Wi-Fi Alliance разработала алгоритм шифрования WPA (Wi-Fi Protected Access) и WPA2. В алгоритме WPA используется вышеупомянутый шифр RC4 по протоколу TKIP (Temporal Key Integrity Protocol). При использовании WPA атаки типа «packet replay» (воспроизведение пакетов) и «packet re-injection» (их повторный ввод) предотвращаются использованием в нем счетчика пакетов и ротации ключей. Метод проверки контрольной суммы MIC (Message Integrity Code) необходим для контроля целостности данных. Несмотря на его подверженность атакам типа «brute-force», это не создает проблем для информационной безопасности, поскольку, если точка доступа, основанная на WEP, обнаружит ошибки MIC протокола TKIP, произойдет переустановка сеансовых ключей.

В протоколе WPA2 применяется более современный метод шифрования CCMP (Counter-Mode with CBC-MAC Protocol), основанный на алгоритме шифрования AES (Advanced Encryption Standard).

Как WPA, так и WPA2 могут работать в двух режимах аутентификации: персональном и корпоративном. В режиме WPA2-Personal из введенного незашифрованным текстом пароля создается распределяемый ключ (Pre-Shared Key — PSK), имеющий 256 разрядов. Ключ PSK, а также идентификатор SSID (Service Set Identifier) и его длина образуют математический базис для генерирования парного ключа (Pairwise Master Key — PMK), который используется для установки четырехстороннего обмена сигналами связи и генерации временного ключа (Pairwise Transient Key — PTK), для обеспечения взаимодействия устройства пользователя с точкой доступа. Как и у протокола WEP, у протокола WPA2-Personal имеются проблемы распределения ключей.

В модификации WPA2-Enterprise более успешно решены проблемы с распределением и управлением статическими ключами, а его объединение с большинством сервисов аутентификации поддерживает контроль доступа, основанный на учетных записях. Для работы этого режима требуются следующие регистрационные данные: имя и пароль пользователя, сертификат безопасности или одноразовый пароль. Процесс аутентификации происходит между рабочей станцией и центральным сервером аутентификации. Контроллер беспроводной сети проводит проверку соединения и направляет пакеты данных на соответствующий сервер аутентификации (в большинстве случаев, это сервер RADIUS). Основой режима WPA2-Enterprise служит стандарт 802.1X, обеспечивающий построенную на контроле портов аутентификацию пользователей и рабочих станций, пригодную как для проводных, так и для беспроводных точек доступа.

К основным компонентам аутентификации 802.1X относятся клиентский запросчик (supplicant) и сервер аутентификации.

Клиентский запросчик — это устройство, которое запрашивает доступ к сети. Чаще всего это какое-либо компактное мобильное устройство, но иногда клиентским запросчиком является программное обеспечение, принимающее и отвечающее на команды 802.1X.

Аутентификатор (чаще всего это точка доступа, хотя иногда он может размещаться на коммутаторе/контроллере) проверяет подлинность клиента для доступа к сети. Он обрабатывает запросы от клиентского запросчика, сохраняя заблокированным интерфейс сети до получения от сервера аутентификации команды на его разблокировку. В свою очередь, аутентификатор обрабатывает запрос на аутентификацию. Как правило, в качестве сервера аутентификации используется сервер RADIUS, совместимый с методами EAP (Extensible Authentication Protocol).

Клиентский запросчик и аутентификатор обмениваются трафиком EAP по протоколу уровня 2 EAPoL (EAP over LAN). Клиент не может взаимодействовать с сервером RADIUS по протоколу уровня 3: когда точка доступа получает трафик EAP от клиентского запросчика, она преобразует его в запрос RADIUS и посылает серверу RADIUS на обработку. Если клиент зашифровы-

вает данные, то аутентификатору недоступно содержимое запроса, но он способен извлекать из ответа некоторые данные.

После процедуры аутентификации 802.1X, клиентский запросчик получает от сервера аутентификации главный ключ МК (Master Key), «привязываемый» к данному сеансу аутентификации. На основе этого ключа на клиенте и на аутентификаторе создается одинаковый парный главный ключ PMK (Pairwise Master Key — PMK). Точка доступа получает ключ PMK от сервера аутентификации с помощью определения атрибута RADIUS. Владея ключом PMK, между клиентом и точкой доступа генерируется парный временный ключ PTK (Pairwise Transient Key), без процедуры обмена. Подобная генерация ключей возможна благодаря инициализации четырехстороннего квитирования связи, предотвращающего атаки типа «человек посередине» (man-in-the-middle), нацеленных на получение служебной информации посредством перехвата.

В WPA2 имеется три типа ключей PTK: ключ подтверждения ключа KCK (Key Confirmation Key), необходимый для проверки целостности контрольной суммы; ключ шифрования ключа KEK (Key Encryption Key), применяемый для шифрования группового временного ключа GTK и временные ключи ТК (Temporal Keys — ТК), для шифрования передаваемого трафика.

Временный групповой ключ GTK (Group Temporal Key) необходим для того, чтобы все «привязанные» к точке доступа беспроводные устройства «умели» расшифровывать широковещательный и многоадресный трафик. Если точке доступа необходимо изменить ключ GTK, то она создает новый ключ, применяя двухстороннее квитирование связи и ключ шифрования ключа KEK.

Спецификация 802.11i имеет возможность проводить предварительную аутентификацию и кэширование ключа PMK, чтобы свести к минимуму задержку, связанную с процессом аутентификации сервера RADIUS, при осуществлении клиентским устройством роуминга между двумя точками доступа.

Предварительная аутентификация позволяет клиенту пройти процедуру проверки подлинности на расположенной поблизости точке доступа, будучи привязанным к своей точке доступа. При применении кэширования, клиенту, «вернувшемуся» с обслуживаемой роумингом точки, не нужно выполнять повторную аутентификацию 802.1X.

Стандарт WPA2 базируется на алгоритме шифрования AES, пришедшему на смену стандартам DES и 3DES в качестве отраслевого стандарта. Из-за большого объема вычислений, для AES необходима аппаратная поддержка, которая обычно отсутствует в старом оборудовании беспроводных ЛВС.

Для процедур аутентификации и обеспечения целостности информации WPA2 использует алгоритм CBC-MAC (Cipher Block Chaining Message Authentication Code), а для шифрования данных и контрольной суммы

MIC — режим счетчика CTR (Counter Mode). Код целостности сообщения (MIC) WPA2 представляет собой контрольную сумму и, в отличие от более устаревших WEP и WPA, обеспечивает целостность данных для константных полей заголовка 802.11. Это способствует предотвращению атак типа «packet replay» (воспроизведение пакетов) с целью расшифровки или компрометации криптографической информации.

Для вычисления контрольной суммы MIC используется 128-разрядный вектор инициализации IV (Initialization Vector), для шифрования вектора инициализации — протокол AES с применением временного ключа. Далее над этим 128-разрядным результатом и следующими 128 бит данных производится операция XOR («исключающее ИЛИ»). Результат ее так же шифруется при помощи AES и ТК, а затем над последним результатом и дальнейшими 128 бит данных аналогично выполняется операция XOR. Процедура повторяется до тех пор, пока не останется необработанной информации. Первые 64 разряда последнего результата используются для расчета значения MIC. Для шифрования данных и MIC используется основанный на режиме счетчика алгоритм. Для шифрования каждого пакета используется отдельный счетчик.

Для шифрования первых 128 бит данных также используются AES и временный ключ ТК, затем над результатом шифрования выполняется операция XOR. Так получается первый 128-разрядный зашифрованный блок. Предварительно загруженное значение счетчика поэтапно увеличивается и шифруется при помощи AES и ключа шифрования данных. Далее над результатом этого шифрования и следующими 128 бит данных снова выполняется операция XOR.

Цикл повторяется пока не зашифруются все блоки данных. После этого происходит обнуление значения счетчика, далее счетчик шифруется с использованием алгоритма AES, а затем над результатом шифрования и MIC выполняется операция XOR. Результат последней операции присоединяется к зашифрованному кадру.

После расчета MIC с применением протокола CBC—MAC производится шифрование данных и MIC. После

этого к данным добавляется заголовок 802.11, поле номера пакета CCMR, конечная метка 802.11 и все это отправляется по назначенному адресу.

Процесс расшифрования данных происходит в обратном порядке. Для дешифрования счетчика и зашифрованной части полученной информации применяются основанный на режиме счетчика алгоритм расшифровки. Таким образом расшифровываются данные и контрольная сумма MIC. Далее используется алгоритм CBC—MAC и рассчитывается MIC для расшифрованных данных. Если значения MIC не совпадают, то происходит сбрасывание пакета. При совпадении MIC полученные данные отправляются клиенту.

Почти все новейшие беспроводные системы имеют поддержку стандарта WPA2. Однако, при отсутствии сервера аутентификации или сервера RADIUS, который должен обслуживать необходимые методы аутентификации EAP, придется реализовать это обслуживание.

Отсутствие аппаратных средств шифрования AES возможно активизировать модернизацией встроенного программного обеспечения или драйвера.

Для обеспечения информационной безопасности беспроводных локальных сетей рекомендуется комплексно рассматривать проблему слабой защищенности Wi-Fi сетей. Выбор алгоритма шифрования является важным, но не решающим фактором. Следует предпринимать дополнительные шаги по усилению защиты, такие как контроль доступа за ресурсами, программируемая смена ключа доступа и введение внутренней виртуальной сети. Проблему физического обнаружения противником беспроводной сети можно решить, создавая контролируемые зоны, путем установки генераторов помех. Таким образом можно будет создать беспроводную сеть, которая будет иметь контролируемый радиус действия, что даст возможность не допускать в этот радиус лиц, не имеющих права доступа к сети. Такой метод обладает высокой стоимостью и требует сложных расчетов, однако, незаменим в тех случаях, когда создание беспроводной сети является единственным из доступных методов передачи данных.

#### Литература:

1. Визавитин, О. И. Практика защиты информации в Wi-Fi сетях на основе современных программно-аппаратных средств // Международный научный журнал «Молодой ученый». — 2016. — № 5 (109). — с. 182–184.
2. Педжман Рошан, Джонатан Лиэри. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11. — М.: Вильямс, 2004. — 302 с.
3. Безопасность беспроводных сетей: инструкция к применению // Компьютерра. URL: <http://old.computerra.ru/terralab/peripheral/217057/> (дата обращения: 11.05.2016).
4. Алферов, А. П. Основы криптографии. Учебное пособие. — 2-е изд. исп. и доп. — М.: Гелиос АРВ, 2002. — 480 с.

## Разработка автоматизированной системы контроля инерциальной системы управления

Власов Александр Сергеевич, магистрант  
Московский государственный университет леса

*В статье рассмотрены основные принципы функционирования инерциальной системы управления, а также её составляющие. Предложен метод оценки исправности инерциальной системы управления.*

В настоящее время на многих предприятиях уделяется особое внимание повышению качества выпускаемой продукции. Для повышения качества выпускаемой продукции существуют различные методы. Одним из таких методов является разработка и внедрение на предприятии автоматизированной системы контроля выпускаемой продукции. Рассмотрим разработку системы контроля, предназначенной для проверки инерциальной системы управления.

Перед проектированием автоматизированной системы контроля (АСК) необходимо иметь четкое представление об основных составных частях инерциальной системы управления (ИСУ), а также о принципах её функционирования.

Инерциальная система управления — это комплекс технических устройств для определения параметров движения и координат различных объектов (ракет, самолетов, космических аппаратов, надводных кораблей и подводных лодок) и управления ими при движении в заданном направлении. Простейшая инерциальная система управления состоит из специальных приборов для измерения ускорений, определения скорости и пройденного пути. По этим данным бортовая ЭВМ выдает сигналы управления на исполнительные устройства. Инерциальная на-

вигация не требует наличия внешних ориентиров или поступающих извне сигналов.

В данном случае ИСУ состоит из двух блоков — блок управления навигацией (БУН) и блок чувствительных элементов (БЧЭ). БУН состоит из трех плат и вычислительного модуля. Плата подачи питания служит для управления питанием, которое подается на ИСУ. Плата разовых команд служит для приёма и выдачи разовых команд. Через плату устройства управления выдаются управляющие сигналы на рулевые приводы ракеты. Модуль вычислительный служит для организации информационного обмена, а также для обработки сигналов, приходящих от БЧЭ. БЧЭ состоит из датчиков — гироскопов и акселерометров. Связь между БУН и БЧЭ осуществляется по интерфейсу RS232. Между аппаратурой подготовки пуска (АПП) и ИСУ ведется информационный обмен по основному каналу мультиплексного информационного обмена (МКИО), так же обмен с АПП может происходить по каналу РТМ (РТМ 1495—75). В данном случае АПП выступает контроллером, а ИСУ окончательным устройством. Информационный обмен между головкой самонаведения (ГСН) и телеметрической станцией (ТМС) осуществляется по каналу МКИО1. Схема информационных взаимодействий приведена на рисунке 1.

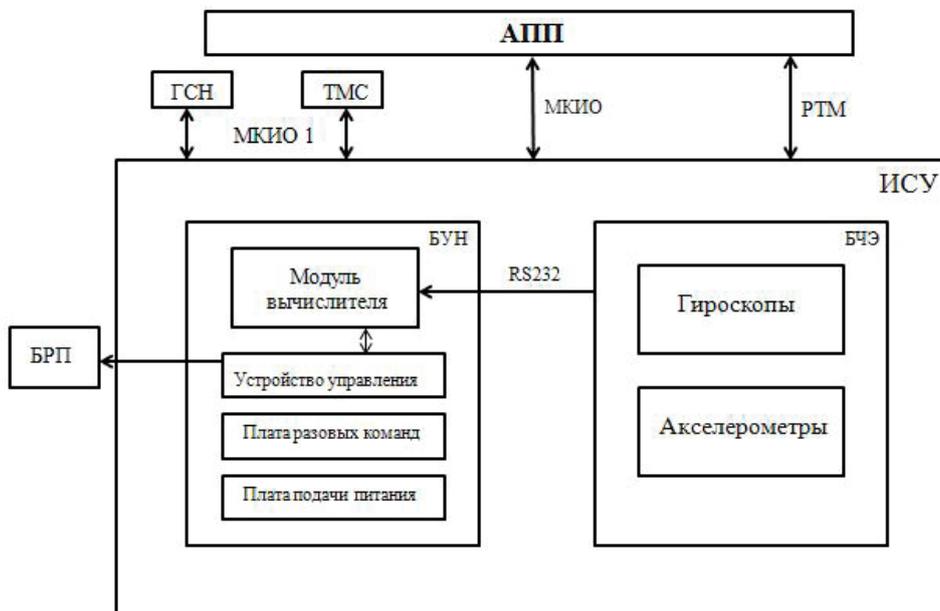


Рис. 1. Схема информационных взаимодействий ИСУ и АПП

Автоматизированная система контроля представляет собой комплекс программно-аппаратных средств, позволяющих в автоматическом режиме проверить ИСУ. Для оценки исправности ИСУ в условиях предприятия на этапе сборки изделия потребуется имитация режима работы в реальных условиях. АСК должна в полной мере имитировать информационный обмен между АПП, а также между ГСН и ТМС. В состав аппаратных средств АСК должен входить набор вычислительной техники и аппаратуры коммутации и сопряжения с ИСУ. В качестве программных средств выступает программа обработки (ПО) данных.

АСК состоит из персонального компьютера (ПК), который выступает основным вычислителем. В состав ПК должны входить дополнительные 5 плат. Плата контроллера, которая служит для организации обмена по каналу

МКИО. С помощью Плата оконечного устройства, с помощью которой контролируется весь обмен между АСК и ИСУ. Плата РТМ, служащая для организации обмена по каналу РТМ. Платы приема/выдачи разовых команд. Также для организации обмена между ИСУ и ПК понадобится модуль сопряжения (МС ИСУ). Состав АСК приведён на рисунке 2.

Методами программных средств предполагается реализовать в АСК четыре режима проверки — технологический, штатный, режим имитации тактического пуска, режим наземной отработки. Во время проведения проверки полученные с ИСУ параметры сохраняются. После получения параметров проверки с помощью средств ПО можно исследовать поведение ИСУ на каждом из режимов проверки, а также получить конечное заключение об исправности ИСУ.

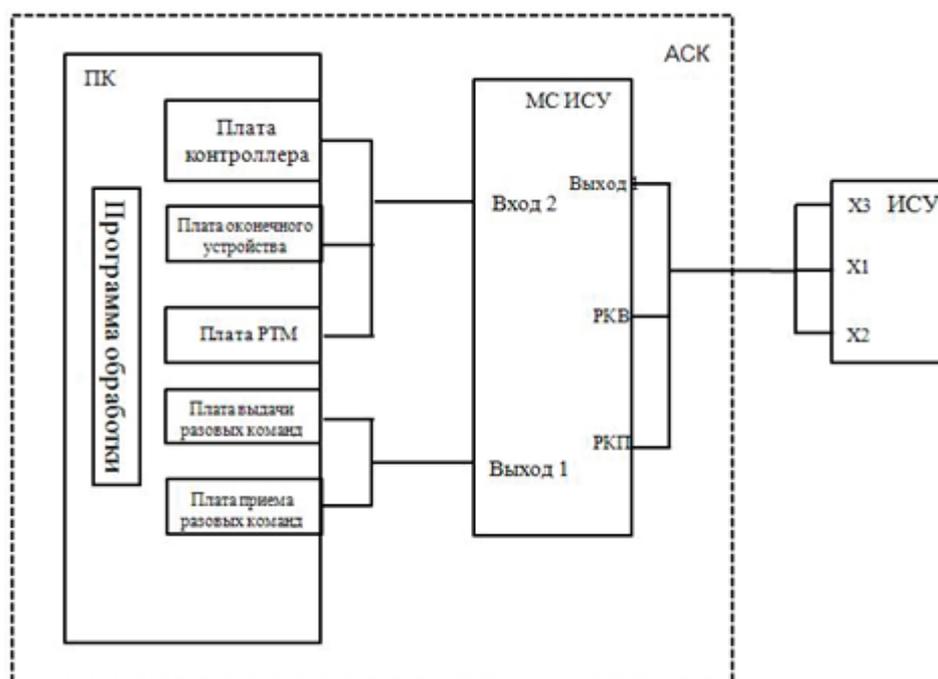


Рис. 2. Состав АСК

В заключении хотелось бы отметить, что разработка АСК это довольно сложный и трудоёмкий процесс. Полученный состав АСК позволяет имитировать работу ИСУ в реальных условиях, а также проводить оценку ее

исправности. Применение АСК даёт ряд преимуществ, таких как: отсутствие человеческого фактора при анализе данных, повышение качества изготавливаемой продукции.

Литература:

1. Фролов, В. С. Инерциальное управление ракетами М. Воениздат, 1975.
2. Система\_управления\_ракетой. Материал из Википедии — свободной энциклопедии <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (20.02.16).
3. Подлесный, Н. И., Рубанов В. Г. Элементы систем автоматического управления и контроля, «Вища школа» 1991 г.

## Корреляционно-предсказывающие модели условий фазового равновесия в бинарных системах

Ганиев Акмал Абдухалилович, ассистент;

Касимова Гулнара Исмаиловна, ассистент

Ташкентский государственный технический университет имени Абу Райхана Беруни (Узбекистан)

В работе разрабатывается корреляционно-предсказывающая модель с использованием модифицированного уравнения Вильсона, позволяющая для заданных значений концентраций в жидкой фазе  $X$  с достаточной степенью точности получать расчетные значения концентраций в паровой фазе  $Y$ , температуры  $T$  и давления  $P$ . Показано, что модель UNIFAC на основе модифицированного уравнения Вильсона позволяет получать физико-химические показатели для тех бинарных смесей, по которым отсутствуют экспериментальные данные. Применение предложенного подхода позволяет достоверно описывать фазовое равновесие многокомпонентной смеси.

**Ключевые слова:** фазовое равновесие, локальные объемные доли, мольные доли, математическая модель, жидкая фаза, паровая фаза, корреляционно-предсказывающая модель, прогнозирование равновесных составов, многокомпонентная смесь, ректификация, разделение смесей, азеотропия.

В подавляющем большинстве случаев разделяемые методом ректификации смеси являются неидеальными, в результате чего в двухфазных смесях жидкость — пар возникают явления азеотропии, а также расслаивания жидкости. Появление гомогенных, либо гетерогенных азеотропов кардинально меняет характер ее разделения вплоть до невозможности выделения целевых продуктов. Таким образом, протекание процесса ректификации тесно связано с равновесными составами парожидкостной системы как предельно достижимыми на ступенях разделения. Поэтому при математическом моделировании прогнозирование равновесных составов в ходе ректификации смесей представляет собой важную задачу.

Прогнозирование равновесных составов фаз в бинарных и многокомпонентных реальных смесях основывается на учете их отклонения от идеального поведения с помощью коэффициентов активности  $\gamma$  компонентов в фазах. Это в особенности относится к азеотропным смесям, специфика поведения которых полностью отражается коэффициентами активности присутствующих компонентов.

Для описания зависимости коэффициентов активности компонентов от состава фазы предложен ряд полуэмпирических уравнений.

Большинство моделей растворов основывается на предположении об одинаковых или близких по размеру и форме молекул в растворе. Такое предположение позволяет значительно упростить расчет, однако приводит к заведомо неверным результатам, если молекулы реального раствора сильно различаются по размерам [1], как, например, молекулы в растворах полимеров. Таким образом, при микроскопическом рассмотрении жидкая смесь не является однородной, т.е. состав в одной точке смеси отличается от состава в другой. Хотя в инженерных приложениях используется только средняя концентрация компонентов в смесях, для построения адекватной модели жидкой смеси необходимо оперировать локальными составами.

Выражения, полученные Флори для термодинамических функций в растворах полимеров, были использованы Вильсоном [2] для обычных растворов, однако вместо средних объемных долей он ввел «локальные» объемные доли компонентов:

$$G^E / RT = \sum x_i \ln \xi_i \quad (1)$$

где  $G^E$  - энергия смешения Гиббса;

Согласно концепции локальных составов, введенной Вильсоном, распределение молекул относительно центральной молекулы имеет вид

$$\frac{x_{ij}}{x_{ii}} = \frac{x_j}{x_i} \exp - (\lambda_{ij} - \lambda_{ii}) / RT. \quad (2)$$

где  $x_{ij}$  — локальный состав, определенный как число молекул типа  $i$ - $j$  в окрестности центральной молекулы, деленное на общее число молекул  $x_{ij}$ ;  $(\lambda_{ij} - \lambda_{ii})$  - параметр, характеризующий энергию взаимодействия между парами  $i$ - $i$  и  $i$ - $j$ .

С учетом введенных локальных концентраций локальные объемные доли  $\xi_i$  компонента  $i$  в уравнении могут быть определены как

$$\xi_i = x_i V_i \exp(-g_{ii} / RT) / \sum_j x_j V_j \exp(-g_{ij} / RT), \quad (3)$$

где  $V_i, V_j$  — мольные объемы чистых компонентов  $i$  и  $j$ .

Подстановка уравнения (3) в (1) дает зависимость избыточной энергии смешения Гиббса от состава и температуры смеси. Дифференцирование полученного выражения по составу смеси дает широко известное уравнение Вильсона, связывающее коэффициент активности компонента в смеси  $\gamma$ , с ее составом и температурой:

$$\ln \gamma_i = 1 - \ln \left[ \sum_{j=1}^n x_j A_{ij} \right] - \sum_{k=1}^n \frac{x_k A_{ki}}{\sum_{i=1}^n x_j A_{kj}}, \quad (4)$$

В уравнении (4) ее составляющие определяются по следующим соотношениям:

$$A_{ij} = \frac{v_j^L}{v_i^L} \exp \left( -\frac{\lambda_{ij} - \lambda_{ii}}{RT} \right), \quad (5)$$

$$A_{ji} = \frac{v_i^L}{v_j^L} \exp \left( -\frac{\lambda_{ji} - \lambda_{jj}}{RT} \right), \quad (6)$$

В модели Вильсона для описания многокомпонентных смесей (МКС) требуется только задать параметры  $(\lambda_{ij} - \lambda_{ii})$ , определяемые по экспериментальным данным для бинарных смесей, входящих в данную МКС, и физико-химические свойства чистых компонентов. Для прогнозирования фазового равновесия наиболее приемлемой оказалась групповая модель раствора, позволяющая предсказывать равновесные соотношения в смесях гомологического ряда на основе экспериментальных данных одной смеси того же ряда.

В соответствии с групповой моделью раствора коэффициент активности представляется в виде:

$$\ln \gamma_i = \ln \gamma_i^S + \ln \gamma_i^G \quad (7)$$

где индекс  $i$  соответствует типу молекулы;

$\ln \gamma_i^G$  — составляющая, связанная с взаимодействием групп (учитывает энергию взаимодействия групп);

$\ln \gamma_i^S$  — составляющая, связанная с размером молекулы.

Однако это уравнение не учитывает форму молекулы и поэтому может дать неверные результаты для изомерных молекул. Групповой вклад  $\ln \gamma_i^G$  в логарифм коэффициента активности полагают равным сумме индивидуальных вкладов каждой группы, т. е. допускается, что все группы действуют независимо. Отсюда групповой коэффициент определяется так же, как и молекулярный.

$$\ln \gamma_i^G = \sum_k N_{ki} (\ln \Gamma_k - \ln \Gamma_{ki}^*) \quad (8)$$

где  $N_{ki}$  - число групп типа  $k$  в молекуле  $i$ ;

$\Gamma_k$  — коэффициент активности группы в стандартном состоянии.

В общем виде групповой коэффициент активности является функцией только группового состава, температуры и давления.

$$\ln \Gamma_k = f_k(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k, T, P) \quad (9)$$

Это уравнение позволяет распространять термодинамические свойства одной системы на другие, имеющие тот же групповой состав.

Групповая доля "x" рассчитывается по компонентному составу смеси с учетом числа и типа групп.

$$x_k = \sum_j x_j N_{kj} / \sum_k \sum_j N_{kj} \quad (10)$$

Различными авторами было предложено несколько аналитических зависимостей для  $\ln \gamma_i^S$  [3,4,5]. Для функции  $f_k$  предлагались уравнения: Вильсона, *NRTL*, *UNIQUAC*.

Наиболее полный набор параметров группового взаимодействия представлен в работах [6] для модели *UNIFAC*. В этом методе значение  $\Gamma_k$ , подставляемое в выражение (8) имеет вид:

$$\ln \Gamma_k = Q_k \left[ 1 - \ln \left( \sum_m \theta_m \Psi_{mk} \right) - \sum_m \theta_m \Psi_{mk} / \sum_n \theta_n \Psi_{nm} \right] \quad (11)$$

$$\text{где } \theta_m = \frac{Q_m x_m}{\sum_n Q_n x_n} \quad (12)$$

$$\Psi_{nm} = \exp\left[-\frac{(U_{nm} - U_{mm})}{RT}\right] = \exp\left[-\left(\frac{a_{nm}}{T}\right)\right] \quad (13)$$

$$\Psi_{mn} = \exp\left[-\frac{(U_{mn} - U_{nn})}{RT}\right] = \exp\left[-\left(\frac{a_{mn}}{T}\right)\right] \quad (14)$$

$\theta_m$  - поверхностная доля структуры группы  $m$ ;

$x_m$  - мольная доля структурной группы  $m$ ;

$\Psi_{mn}$  и  $\Psi_{nm}$  параметры структурных групп  $m$  и  $n$ , учитывающие силы взаимодействия между структурными группами и определяемые параметрами взаимодействия групп  $a_{mn}$  и, которые в первом приближении не зависят от температуры.

Хотя корректность метода UNIFAC проверена на примере бинарных систем «жидкость-пар», ценность его заключается в возможности применения его для многокомпонентных смесей. Особенно это важно для систем, в которых проведение экспериментальных исследований не представляется возможным.

Для восполнения информации о фазовом равновесии в бинарных системах, где отсутствуют экспериментально определенные данные, в работе использована корреляционно-предсказывающая модель UNIFAC. Наиболее полный набор параметров группового взаимодействия для этой модели представлен в [7].

В этой модели значение  $\Gamma_k$  имеет вид:

$$\ln \Gamma_k = Q_k \left[ 1 - \ln \left( \frac{\sum_m \theta_m \psi_{mk}}{\sum_n \theta_n \psi_{nk}} \right) \right]$$

где:  $\theta_m = \frac{Q_m x_m}{\sum_n Q_n x_n}$ ,

$$\psi_{nm} = \exp\left[-\frac{(U_{nm} - U_{mm})}{RT}\right] = \exp\left[-\left(\frac{a_{nm}}{T}\right)\right],$$

$$\psi_{mn} = \exp\left[-\frac{(U_{mn} - U_{nn})}{RT}\right] = \exp\left[-\left(\frac{a_{mn}}{T}\right)\right],$$

где  $\theta_m$  — поверхностная доля структуры группы  $m$ ;  $x_m$  — мольная доля структурной группы  $m$ ;  $\psi_{nm}$  и  $\psi_{mn}$  — параметры структурных групп  $m$  и  $n$ , учитывающие силы взаимодействия между структурными группами и определяемые параметрами взаимодействия групп  $a_{nm}$  и  $a_{mn}$ , которые в первом приближении не зависят от температуры.

Однако, в связи с возможностью довольно больших погрешностей предсказания в отдельных случаях (что отмечается самими авторами) представлялось целесообразным провести проверку качества предсказания в тех гомологических рядах, в которые входят недостающие системы, по двум моделям: модифицированная модель Вильсона и модель UNIQUAC. Результаты сравнения предсказанных по групповой модели и экспериментальных данных по фазовому равновесию жидкость-пар представлены в табл. 1.

Таблица 1. Отклонения предсказанных данных по фазовому равновесию жидкость-пар от экспериментальных

Предсказанные системы	Модель Вильсона	Модель UNIQUAC
	$\frac{\sum_m  Y_p - Y_{\dot{y}} }{m} \cdot 100$	$\frac{\sum_m  Y_p - Y_{\dot{y}} }{m} \cdot 100$
Метилэтилкетон-уксусная кислота	1.48	3.3
Ацетальдегид-винилацетат	4.0	7.15
Метилэтилкетон-изопропанол	1.1	3.2
Метанол-бутанол	1.4	1.4
Пропанол-этанол	0.8	1.1
Метанол-вода	2.3	3.1
Изопропанол-вода	1.05	2.7
Метанол-метилэтилкетон	1.7	2.6
Метилэтилкетон-бутанол	4.0	5.3
Пропанол-пропилацетат	0.91	1.3
Метанол-этилацетат	1.8	2.1

Метанол-пропилацетат	2,3	2,9
Этилацетат-метилэтилкетон	2.4	2.9
Ацетон-винилацетат	1.1	2.3
Ацетон-этилацетат	1.4	2.1

Результаты показали, что средняя абсолютная погрешность при использовании модели UNIQUAC в ряде случаев составляет более 7%. Такое качество предсказания нельзя считать удовлетворительным. Поэтому была проведена модификация групповой модели, основанная на модифицированном уравнении Вильсона:

$$\frac{\Delta g^E}{RT} = \sum_i x_i \ln \left[ \sum_j x_j \lambda_{ji} \right] + \sum_i x_i \ln \left[ \sum_j x_j \rho_{ji} \right],$$

где  $\lambda_{ij} = \rho_{ij} \exp\left(-\frac{(g_{ij} - g_{ji})}{RT}\right)$ ,  $\rho_{ij} = \frac{V_i}{V_j}$ ,

$$\ln \gamma_i = -\ln \left( \sum_j x_j \lambda_{ji} \right) - \sum_k \left( \frac{x_k \lambda_{ik}}{\sum_j x_j \lambda_{jk}} \right) + \ln \left( \sum_j x_j \rho_{ji} \right) + \sum_k \left( \frac{x_k \rho_{ik}}{\sum_j x_j \rho_{jk}} \right)$$

Для выявления моделирующих возможностей нового уравнения локальных составов, а также для получения модели полного фазового равновесия были определены молекулярные параметры этого уравнения.

Сопоставление результатов расчета по двум методикам (табл. 1) показало, что данные, полученные по методике UNIFAC уступают по качеству предсказания. Вероятными причинами низкого качества предсказания по методике UNIFAC могут быть:

- недостаточно корректные данные базовой смеси, по которой определялись значения групповых параметров;
- погрешность, допущенная при оценке параметров;
- закрепление групповых параметров, определенных по экспериментальным данным других гомологических рядов.

На основании использования разработанных пакетов прикладных программ решена проблема прогнозирования равновесных соотношений в многокомпонентных смесях. Показано, что модель UNIFAC на основе модифицированного уравнения Вильсона позволяет получать физико-химические показатели для тех бинарных смесей, по которым отсутствовали экспериментальные данные. Применение предложенного подхода позволило полно и достоверно описать фазовое равновесие многокомпонентной смеси в производстве этилового спирта и успешно решить одну из основных проблем описания и прогнозирования сложных равновесных соотношений в виде системы нелинейных алгебраических уравнений, описывающих многокомпонентную ректификацию.

Литература:

1. Fredenslund, A., Jones R. L., Prausnitz J. M. Groupcontribution estimation of activity coefficients in nonideal liquid mixtures // *AIChE Journal*. — Houston, 1995. — № 21. — PP. 1086–1098.
2. Кафаров, В. В., Ветохин В. Н. Основы построения операционных систем в химической технологии. — М.: Наука, 1990. — 452 с.
3. Eckert, C. A., Thomas E. R., Newman B. A., Nicolaidis G. L. Limiting activity coefficients from differential ebulliometry // *Journal Chem. Eng. Data*. — Pittsburgh, 1992. — № 27. — PP. 233–240.
4. Мозжухин, А. С., Митропольская В. А., Рябин А. И. Компьютерная система автоматизированного экспериментального исследования парожидкостного равновесия // XIV Межд. конф. по химической термодинамике: Тез. докл. — С. — П.Б., 2002. — с. 465–469.
5. Abbott, M. M., Van Ness H. C. Vapor-liquid equilibrium. Part 3: Data reduction with precise expressions for  $G^E$  // *AIChE Journal*. — Houston, 1995. — № 21. — PP. 62–71.
6. Сорокин, В. С. Макроскопическая необратимость и энтропия. Введение в термодинамику. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. — 176 с.
7. Konstantinov Eu.N. Effect of multicomponent mass-transfer on the rectification calculation with allowance to heat balance / Eu.N. Konstantinov, T. G. Korolkova, B. M. Achmiz II The First European Congress Chemical Engineering Florence (Italy), May 4–7, 1997. Event 601 offiFCE.

## Проведение экспертизы промышленной безопасности автогидроподъёмника (на примере АГП-22.06)

Гарькин Игорь Николаевич, старший преподаватель;  
Агафонкина Наталья Викторовна, кандидат технических наук, доцент;  
Глухова Мария Вячеславовна, ассистент  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*В статье рассматривается метод проведения экспертизы промышленной безопасности автогидроподъёмника (на примере АГП-22.06). Указываются основные возможные причины возникновения аварийных ситуаций.*

**Ключевые слова:** экспертиза промышленной безопасности, автогидроподъёмник, опасный производственный объект, грузоподъёмный механизм, обследование конструкций.

Настоящая статья продолжает цикл работ посвящённых проведению экспертизы промышленной безопасности (ЭПБ) грузоподъёмных механизмов [1..3]. Данная работа посвящена проведению ЭПБ автогидроподъёмников (АГП) на примере АГП-22.06.

Авторами работы (инженеры Пензенского государственного университета архитектуры и строительства и эксперты ООО ЦНЭПБ ПРОМТЭК) в период с 2010-по 2015 гг. были проведены ЭПБ более 50 АГП на территории Пензенской и соседних областей. На основе полученного опыта и нормативных документов в области промышленной безопасности рассмотрим метод проведения обследования АГП.

Автогидроподъёмники широко используются как в строительстве, так жилищно-коммунальном хозяйстве (особенно важна роль АГП при эксплуатации электрических сетей). Несмотря на постепенное обновление парка техники гидроподъёмников, доля машин, превысивших свой срок эксплуатации, остаётся высоким. В связи с чем, не редки несчастные случаи (вплоть до летального исхода) вызванные неисправным состоянием автогидроподъёмников [4]. Так в 2013 году из-за неисправности гидрав-

лики АГП в Пензенской области произошёл несчастный случай со смертельным исходом, во время которого рабочего (без монтажного пояса) выкинуло из люльки.

В таблице 1 приведены паспортные характеристики АГП-22.06

Для обеспечения объективного состояния АГП во время ЭПБ необходимо проводить контроль проникающими веществами (ПВК) на рис.1 показана схема мест проведения ПВК на АГП 22.06. На рис.2 общий вид АГП 22.06.

После проведения всех видов контроля (ВИК, ПВК и др.) составляются соответствующие акты и вносятся в заключение ЭПБ. В случае если эксперт обнаружил дефект, то до его устранения (с предоставлением экспертной организации подтверждающего документа об устранении) экспертиза считается не завершённой и не может быть зарегистрирована в Федеральной службе по технологическому, атомному и экологическому надзору. Во время ЭПБ рассчитывается физический износ автогидроподъёмника, для определения срока его возможной эксплуатации. Как правило, экспертная организация выдаёт экспертное заключение на 3 года. В случае если, физический

Таблица 1. Паспортные данные ГПМ

Грузоподъёмность, т	0,300
Технические данные (скорость, высота подъема, спецхарактеристики)	
Подъем люльки, с	185
транспортная скорость передвижения подъемника, км/час	50
вылет, м	13
Максимальная частота, вращения поворотной части, с-1 об/мин	0,5
Рабочая высота подъема, м	22
Климатическое исполнение по ГОСТ 15150	У 1
Может быть установлен в ветровом районе по ГОСТ 1451 или в помещении	I–III РАЙОН
Нижний и верхний пределы по температуре рабочего состояния	нижний: –40°С
	верхний: +40°С
Допустимая сейсмичность района установки	НЕСЕЙСМИЧНЫЙ
Возможность установки в пожароопасной среде категории	ПОЖАРБЕЗОПАСНАЯ
Возможность установки во взрывоопасной среде категории	ВЗРЫВОБЕЗОПАСНАЯ

износ конструкций на пределе, то заключение выдаётся на один год.

Стоит отметить, что исправлением дефектов (требующие ремонта гидравлики, сварки трещин и т.д.) должны проводить специализированные организации имеющие соответствующие лицензии, инструменты и оборудо-

вание должно быть поверено и иметь сертификаты качества.

В целях повышения безопасной эксплуатации АГП в промышленности, авторы считают возможным использовать ряд разработок Пензенского государственного университета архитектуры и строительства [5,6].

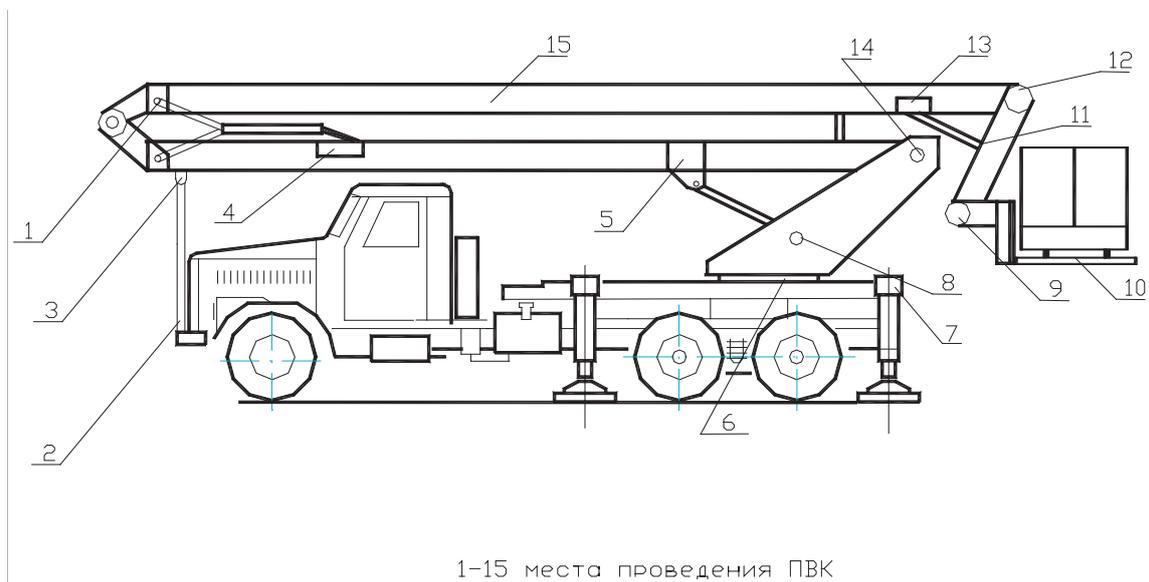


Рис. 1. Схема мест проведения контроля проникающими веществами (ПВК)



Рис. 2. Общий вид АГП 22.06



Рис. 3. Обрушение АГП

## Литература:

1. Гарькин, И. Н., Еркин Д. В., Наумов В. А. Экспертиза промышленной безопасности конструкций козлового крана // Молодой ученый. — 2015. — № 9. — с. 179–181.
2. Гарькин, И. Н., Еркин Д. В., Наумов В. А. Обследование конструкций башенного крана // Молодой ученый. — 2015. — № 11. — с. 279–282.
3. Гарькин, И. Н., Еркин Д. В., Артюхина О. В. Обследование конструкций железнодорожных кранов, используемых в строительстве // Молодой ученый. — 2015. — № 11. — с. 276–279.
4. Фадеева, Г. Д., Гарькин И. Н., Забиров А. И. Анализ причин несчастных случаев на строительных предприятиях Пензенской области // Современные научные исследования и инновации. — Июнь 2014. — № 6 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/06/35594> (дата обращения: 09.06.2014).
5. Данилов, А. М., Гарькин И. А., Гарькин И. Н. Защита от удара и сопровождающей вибрации: экспоненциально-тригонометрическая аппроксимация функций // Региональная архитектура и строительства. 2012 — № 3. — С.85–89
6. Данилов, А. М., Гарькин И. А., Гарькин И. Н. Управление объектами на подвижном основании: оптимизация конструктивной и структурной схем // Региональная архитектура и строительства. — 2014. — № 3. с. 102–108.

## Методика проведения экспертизы промышленной безопасности мостового крана

Гарькин Игорь Николаевич, старший преподаватель;  
Агафонкина Наталья Викторовна, кандидат технических наук, доцент;  
Глухова Мария Вячеславовна, ассистент  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*В статье рассматривается метод проведения экспертизы промышленной безопасности мостового крана на примере обследования конструкций крана, расположенного на предприятии ОАО «Пачелмский завод ЖБИ». Указываются основные возможные причины возникновения аварийных ситуаций.*

**Ключевые слова:** экспертиза промышленной безопасности, мостовой кран, опасный производственный объект, грузоподъемный механизм, обследование конструкций, подкрановая балка, крановый путь.

Настоящая работа является логическим продолжением работ посвящённых проведению экспертизы

промышленной безопасности (ЭПБ) грузоподъемных механизмов [1..3]. Данная работа посвящена проведению

ЭПБ мостовых кранов, на примере мостового крана, расположенного в ОАО «Пачелмский завод ЖБИ» (обследование проводилось в 2015 году).

Безопасность работников промышленных предприятий, эксплуатирующих мостовые краны, одинаково зависит, как и от состояния подкрановых конструкций, так и от состояния самих кранов. В Пензенском государственном университете архитектуры и строительства проводится большая научная работа по повышению безопасности подкрановых конструкций, т.к. доказано в работах [4,5], что долговечность подкрановых конструкций во много раз ниже, чем других металлических элементов каркаса здания и не превышает 5–10 лет. В цехах с тяжелым режимом работы кранов (8К, 7К) уста-

лостные трещины могут возникнуть через 1–3 года эксплуатации (0,7...0,75 млн. циклов).

Однако для повышения безопасности труда на предприятии, необходимо обратить самое пристальное внимание на грузоподъемные механизмы эксплуатирующихся на предприятиях. Рассмотрим ход проведения экспертизы промышленной безопасности мостового крана. Экспертиза начинается с рассмотрения эксплуатационной и проектной документации. После предоставления (не предоставления) документации, необходимо провести дефектоскопию визуально-измерительным, и ультразвуковым методом наиболее опасных узлов и конструкций крана (рис.3). Наиболее распространенные дефекты изображены на рис.1а и 1б

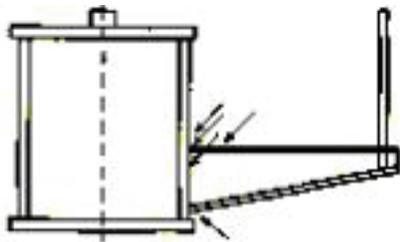


Рис.1а.

Зона к проходной галерей

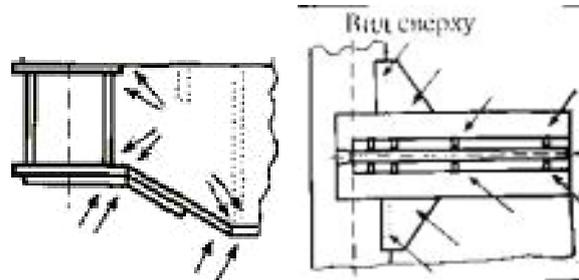


Рис.1б.

Узел примыкания главной балки к концевой

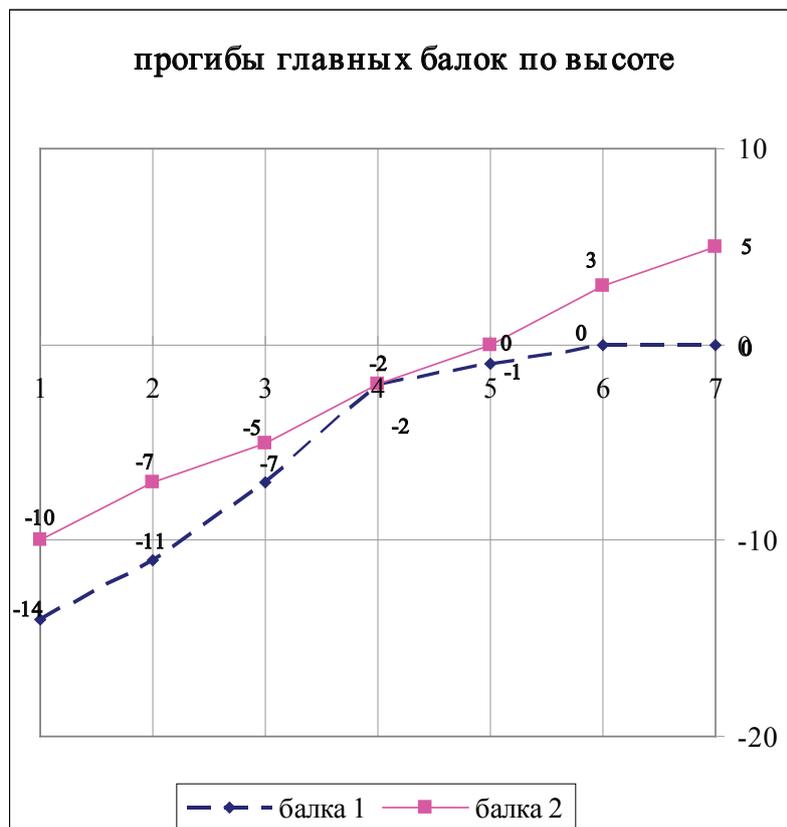


Рис. 2. Прогибы главных балок по высоте, ОАО «Пачелмский завод ЖБИ»

После определения дефектов производится нивелировка крановых путей. Так на обследуемом предприятии крановый путь имеет следующие прогибы (рис.2).

**Пример расчёта остаточного ресурса конструкций мостового крана** (на примере расчёта, выполненного в ходе ЭПБ мостового крана ООО ЦНЭПБ «ПРОМТЭК» в 2015 году на предприятии ОАО «Пачелмский завод ЖБИ») приведён ниже.

Характеристическое число за весь период эксплуатации (27) лет  $N_T = 7533$ , что соответствует фактическому расчетному режиму работы крана А1 при выполненном количестве циклов  $C_T = 81000$  и коэффициента нагружения крана  $K_p = 0,093$ . По данным паспорта режим работы крана А5 характеристическое число при этом  $N_{ii} = 128000$  и число допустимых рабочих циклов  $C_{ii} = 500000$  при  $K_p = 0,125-0,250$ , если относительная масса поднимаемых грузов не превышает 0,5.

До начала проведения капитально-восстановительного ремонта (КВР), кран может эксплуатироваться согласно паспортным данным, приближенное время, определяемое по формуле:

$$(N_{ii} - N_T) / (C_T \times Q_{ch}^3) = (128000 - 7533) / (81000 \times 0,5^3) \approx 12 \text{ лет}$$

Вывод: Согласно рассчитанного, приближенного времени принимаем остаточный ресурс крана до КВР 12 лет.

Помимо непосредственно самого крана необходимо обследовать конструкцию тупикового упора. Тупиковый упор крановых (и железнодорожных) путей является важной конструкцией, обеспечивающей безопасную эксплуатацию грузоподъемных (и железнодорожных) механизмов (виды тупиковых упоров на рис.5, 6). Стоит отметить, что согласно правилам промышленной безопасности у эксплуатирующей (грузоподъемные механизмы) организации в обязательном порядке должен быть проект, паспорт и журнал ремонта тупиковых упоров. Регулярно должно проводиться обследование тупиковых упоров. В ходе обследования должны быть выявленные дефекты должны незамедлительно быть устранены ремонтной службой предприятия, или специализированной службой. Обследование тупиковых упоров должно включать в себя визуальную и инструментальную часть, с составлением актов натурного и инструментального обследования. Все приборы инструменты должны быть поверенны, а организация, проводящая обследования должна иметь собственную аттестованную лабораторию неразрушающего контроля и аттестованных специалистов.

Для повышения безопасной эксплуатации мостовых кранов и крановых путей авторы предлагают использовать ряд наработок учёных Пензенского государственного университета архитектуры и строительства [6].

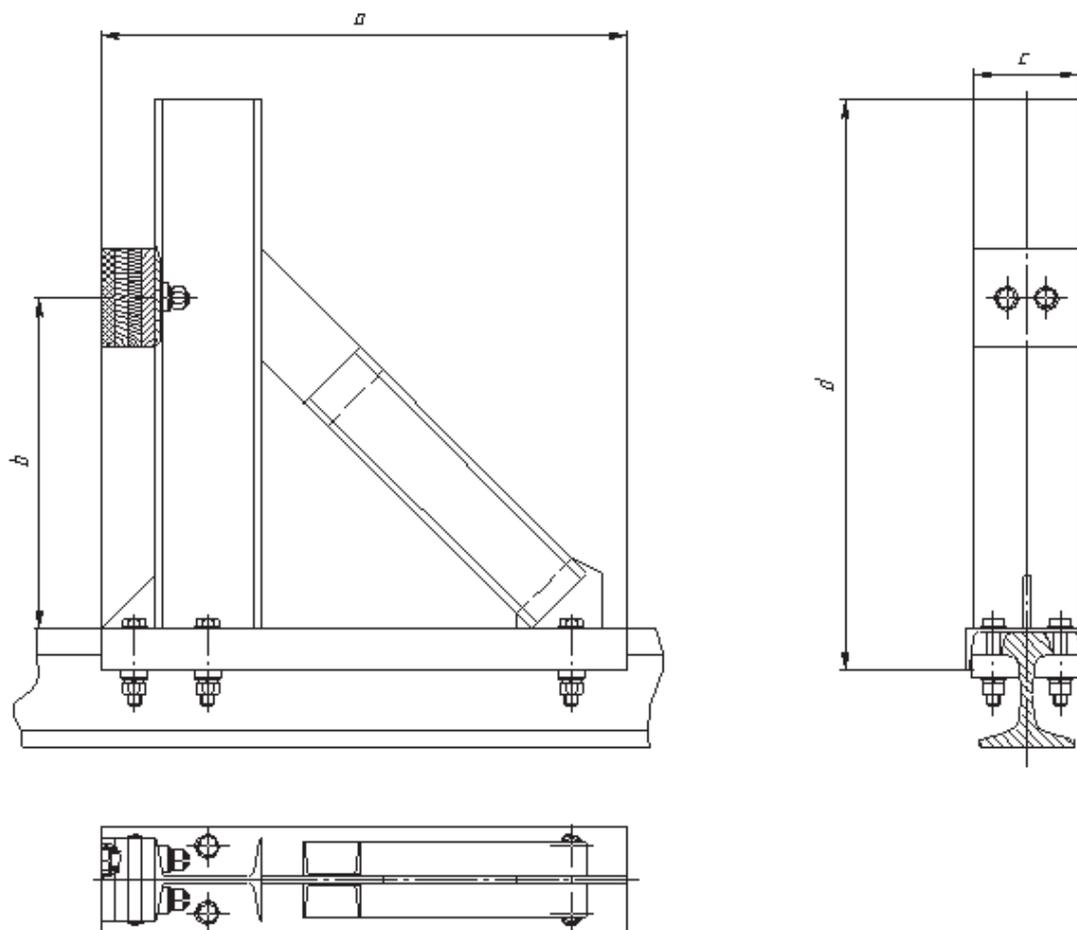


Рис. 3. Тупиковый упор ударного типа

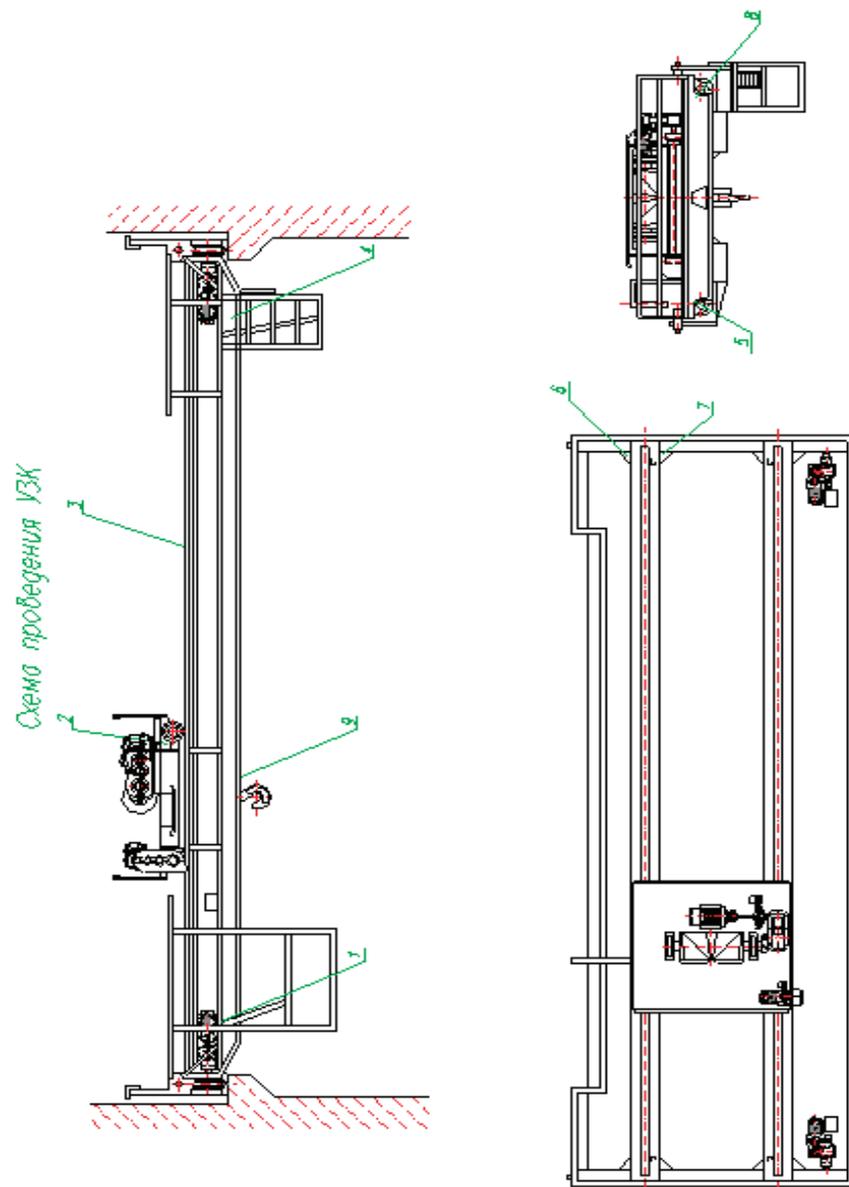


Рис. 4. Схема мест проведения контроля



Рис. 5. Общий вид мостового крана

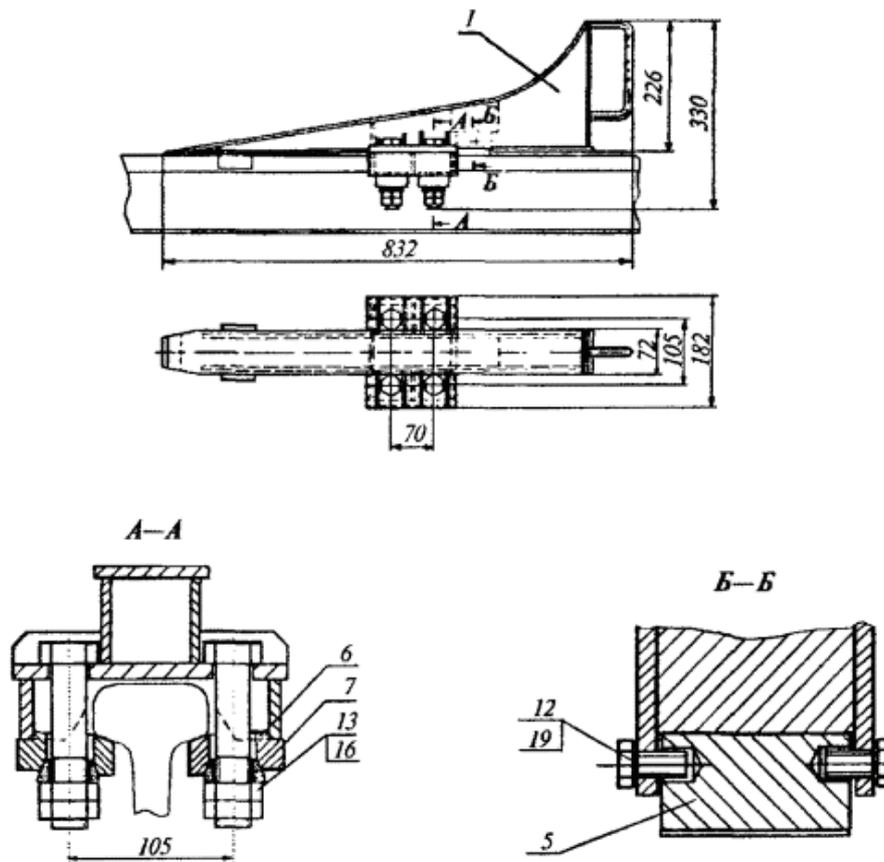


Рис. 6. Тупиковый упор безударного типа

## Литература:

1. Гарькин, И. Н., Еркин Д. В., Наумов В. А. Экспертиза промышленной безопасности конструкций козлового крана // Молодой ученый. — 2015. — № 9. — с. 179–181.
2. Гарькин, И. Н., Еркин Д. В., Наумов В. А. Обследование конструкций башенного крана // Молодой ученый. — 2015. — № 11. — с. 279–282.
3. Гарькин, И. Н., Еркин Д. В., Артюхина О. В. Обследование конструкций железнодорожных кранов, используемых в строительстве // Молодой ученый. — 2015. — № 11. — с. 276–279.
4. Нежданов, К. Н., Кузьмишкин А. А., Гарькин И. Н. Предотвращение усталостных трещин в узле соединения рельса с подкрановой балкой // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 1; URL: <http://www.science-education.ru/121-18215> (дата обращения: 01.04.2015).
5. Нежданов, К. К., Кузьмишкин А. А., Гарькин И. Н., Курткеев Д. Х. Быстро сооружаемая подкрановая балка с высоким техническим ресурсом эксплуатации // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 3; URL: <http://www.science-education.ru/117-13115> (дата обращения: 16.05.2014).
6. Данилов, А. М., Гарькин И. А., Гарькин И. Н. Защита от удара и сопровождающей вибрации: экспоненциально-тригонометрическая аппроксимация функций // Региональная архитектура и строительства. 2012 — № 3. — С.85–89.

## Влияние параметров гальванического процесса на микротвёрдость покрытий

Голубев Андрей Николаевич, магистрант  
Сибирский федеральный университет

*В работе рассмотрено влияние различных параметров гальванического процесса и условий электролиза на физико-механические свойства и качество железоникелевых покрытий.*

Для определения соответствия железоникелевого покрытия, используемого для восстановления нормальных размеров вращающихся деталей электрических машин, необходимо определить его твердость при различных концентрациях составляющих компонентов электролита и режима электролиза. Исследования проводились таким образом, чтобы определить зависимость микротвёрдости покрытия при изменении только одного компонента электролита.

Как показали исследования, микротвёрдость железоникелевых покрытий тесно связана с их структурой, ко-

торая в свою очередь зависит от режима электролиза, состава ванн и механического воздействия на покрытие [1].

Из практики известно, что кислотность электролита оказывает существенное влияние как на качество покрытий, их физико-механические свойства, так и на производительность процесса [2]. Даже незначительное изменение концентрации соляной кислоты может привести к нарушению процесса электролиза и осаждению некачественных покрытий. Данные исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1. Изменение микротвердости покрытия и содержания никеля при изменении концентрации соляной кислоты

№ опыта	Концентрация соляной кислоты, г/л	Содержание никеля, %	Микротвёрдость, МПа
1	0,5	5,33	5040
2	1,0	5,80	5170
3	1,5	6,21	5490
4	2,0	5,37	5180
5	2,5	4,88	4740
6	3,0	4,17	4370

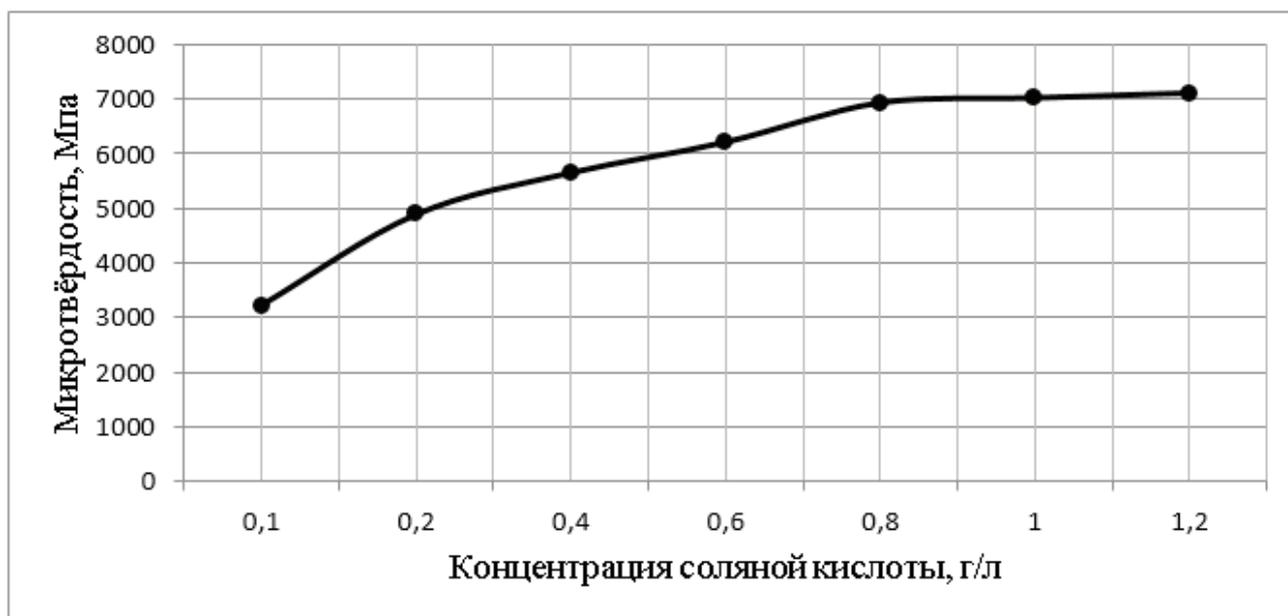


Рис. 1. Влияние концентрации соляной кислоты на микротвёрдость покрытий

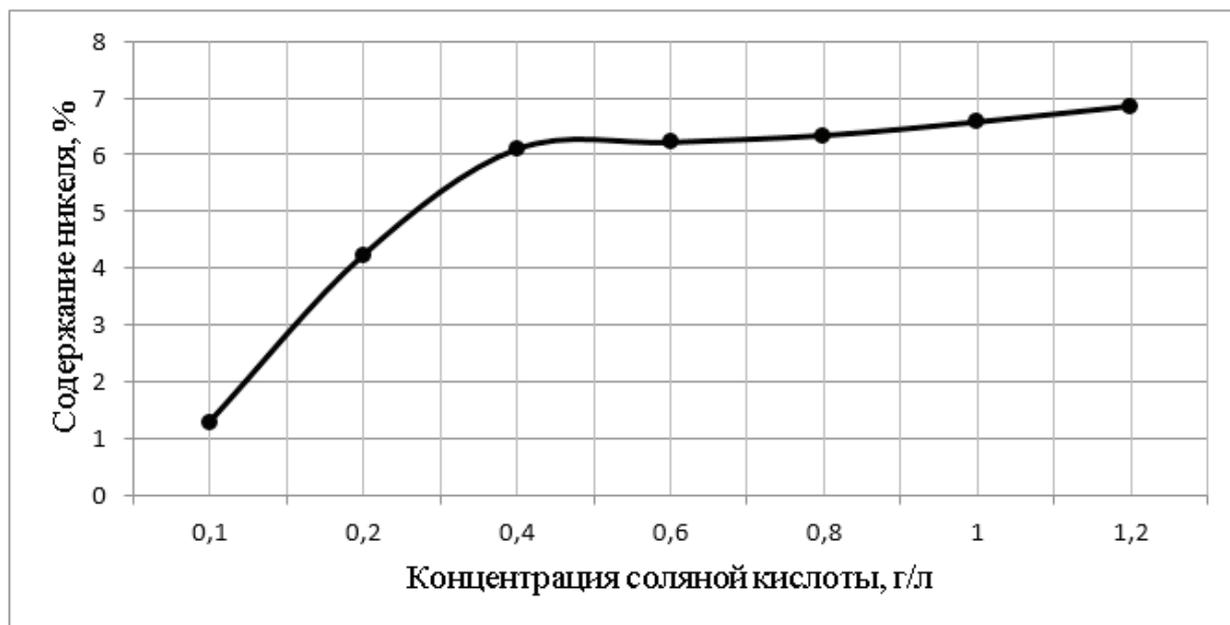


Рис. 2. Влияние концентрации соляной кислоты на содержания никеля в покрытии

Результаты исследований (рис. 1, 2) показали, что изменение концентрации соляной кислоты от 0,5 до 1,5 приводит к увеличению микротвёрдости покрытия до 5490 Мпа, содержанию никеля в покрытии до 6,21%. Дальнейшее повышение концентрации кислоты до 3,0 г/л приводит к снижению исследуемых параметров. Следовательно, оптимальной концентрацией соляной кислоты для получения наиболее качественных покрытий, отличающихся высокими физико-механическими свойствами, следует считать 1,0–1,5 г/л.

Микротвёрдость железоникелевых покрытий зависит не только от концентрации соляной кислоты, но и от условий протекания процесса электролиза, формирующего структуру катодного осадка. В таблице 2 приводятся опытные данные по влиянию температуры электролита на микротвёрдость железоникелевых покрытий.

Микротвёрдость железоникелевых покрытий зависит не только от концентрации соляной кислоты, но и от условий протекания процесса электролиза, формирующего структуру катодного осадка. В таблице 2 приводятся опытные данные по влиянию температуры электролита на микротвёрдость железоникелевых покрытий.

Таблица 2. Изменение микротвёрдости покрытия и содержания никеля в зависимости от температуры электролита

№ опыта	Температура электролита, С°	Содержание никеля, %	Микротвёрдость, МПа
1	20	7,85	6750
2	30	7,63	6700
3	40	6,87	6650
4	50	6,56	6600
5	60	6,28	6480
6	70	6,11	6300
7	80	5,87	6200
8	90	5,65	5860

Снижение микротвёрдости покрытия, даже при небольшом снижении содержания железа в покрытии, говорит о том, что повышение температуры электролита способствует образованию мягких покрытий, вследствие незначительного наводороживания покрытия.

При исследовании влияния температуры электролита установлено, что повышение температуры электролита ухудшает качество покрытий. Покрытия из мелкозернистых и плотных превращаются в более крупнозернистые

и шероховатые с большим количеством пор, из-за обильного выделения водорода.

Микротвёрдость осадка зависит от целого ряда факторов, характеризующих условия электролиза, но наиболее значимым является катодная плотность тока [3].

С повышением плотности тока скорость возникновения центров кристаллизации увеличивается, и покрытия становятся все более мелкозернистыми. Микротвёрдость покрытия повышается от возрастания

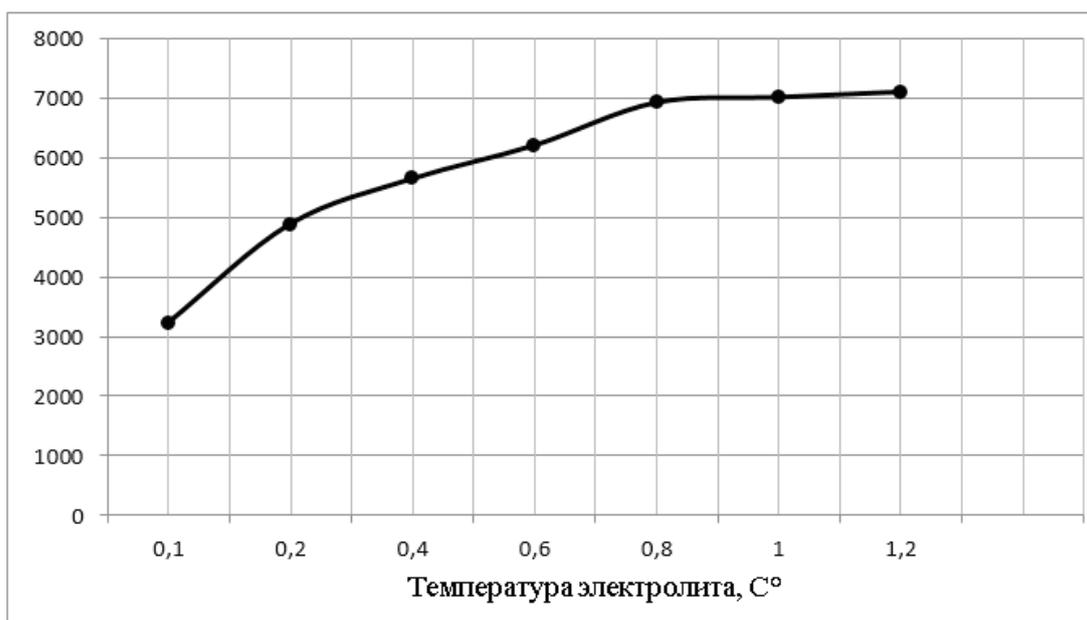


Рис. 3. Влияние времени электролиза на микротвёрдость покрытий

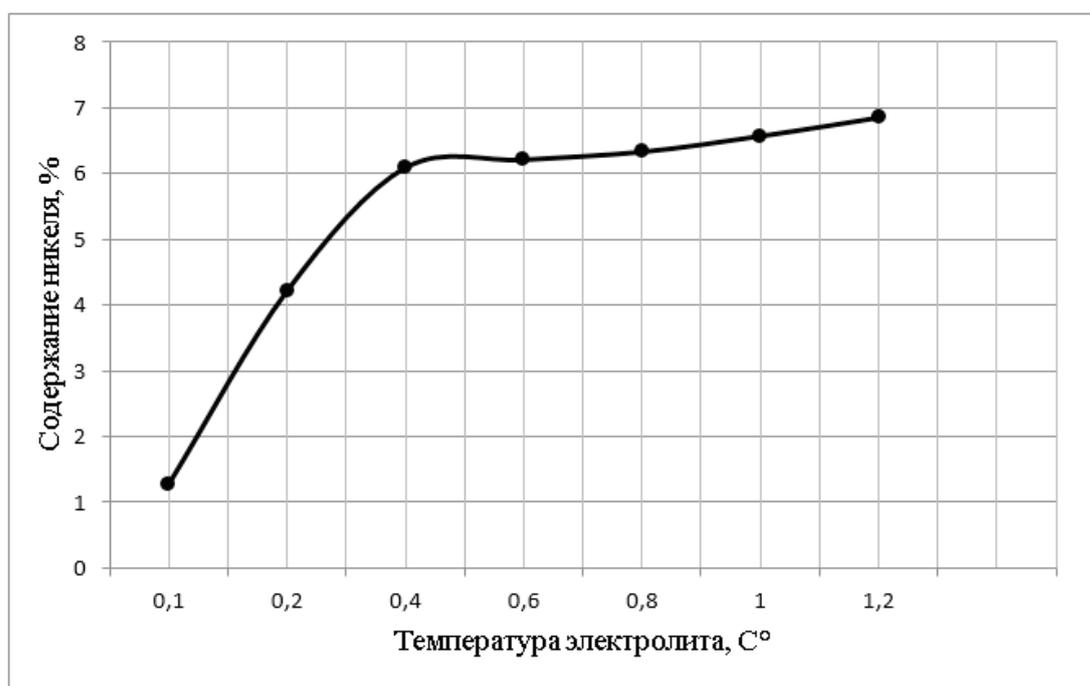


Рис. 4. Влияние времени электролиза на содержания никеля в покрытии

Таблица 3. Изменение микротвердости покрытия и содержания никеля в зависимости от катодной плотности тока

№ опыта	Катодная плотность тока, А·см <sup>-2</sup>	Содержание никеля, %	Микротвёрдость, МПа
1	0,1	1,28	3220
2	0,2	4,22	4880
3	0,4	6,09	5640
4	0,6	6,21	6200
5	0,8	6,33	6920
6	1,0	6,57	7010
7	1,2	6,85	7100

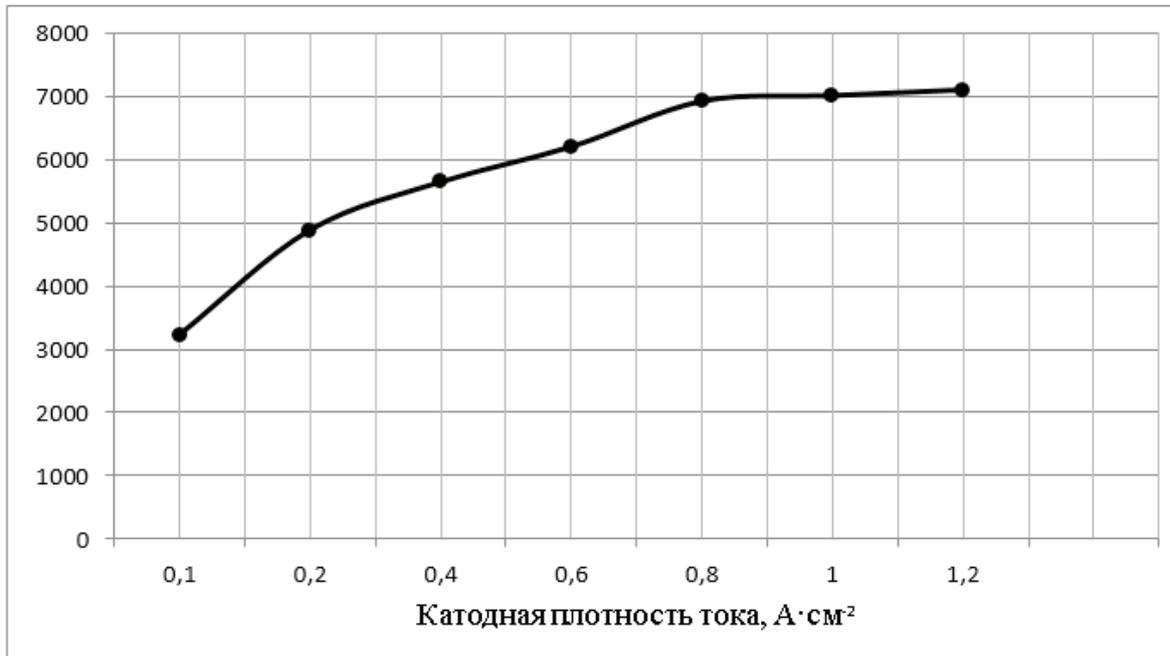


Рис. 5. Влияние катодной плотности тока на микротвёрдость покрытий

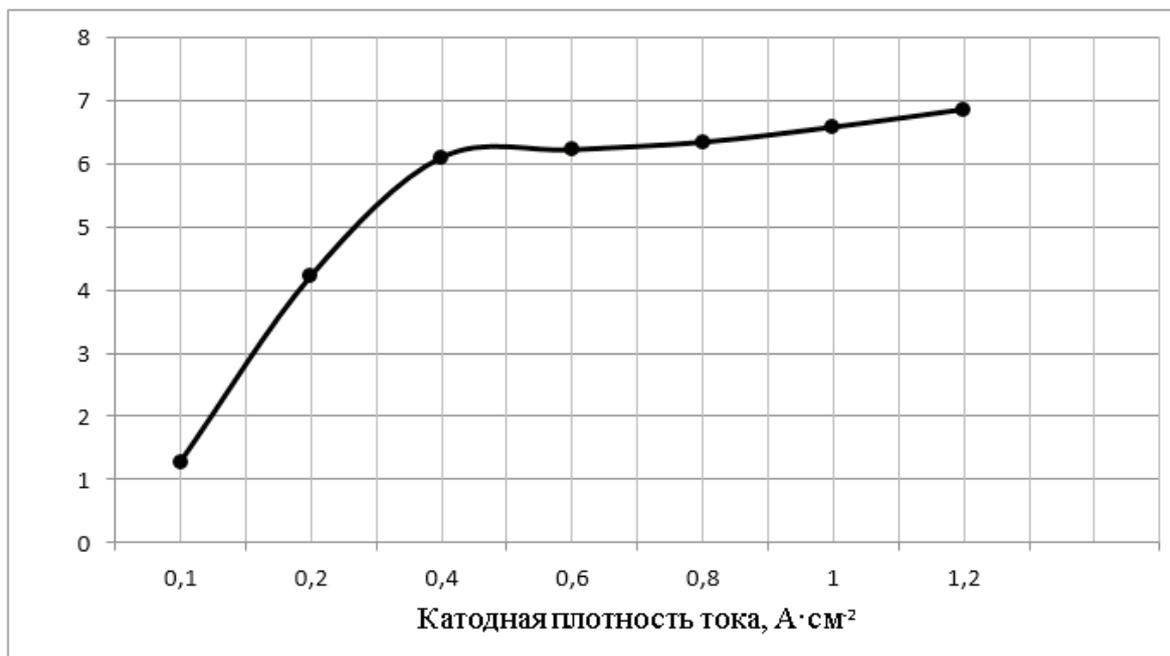


Рис. 6. Влияние катодной плотности тока на содержания никеля в покрытии

плотности тока и зависит от структуры покрытия, изменяемая ориентацией о размерами зерен никеля и железа в катодном осадке.

Увеличение плотности тока сопровождается обычно повышением содержания электроотрицательного компонента сплава в катодном осадке. Но в то же время изменение условий электролиза и состава электролита могут изменить влияние катодной плотности тока на состав катодного осадка.

На основании проведенных исследований по определению влияния параметров электролиза на микротвёр-

дость гальванических покрытий выявлено, что свойства железоникелевых покрытий зависит от состава электролита и от условий электролиза. Микротвёрдость железоникелевого покрытия зависит как от процентного содержания никеля в покрытии, так и от условий электролиза, влияющих на структуру нанесенного слоя. С увеличением содержания соляной кислоты в электролите микротвёрдость покрытия возрастает. Увеличение температуры электролита снижает микротвёрдость покрытия. Увеличение катодной плотности тока оказывает резкое повышение микротвёрдости покрытия.

Литература:

1. Пияковский, Р. С. Гальванические покрытия в ремонтном производстве. — Киев: Техника, 1975. — 176 с.
2. Вагромьян, А. Т., Петров Ю. С. Физико-механические свойства электролитических осадков. — М.: АН СССР, 1960. — 208 с.
3. Петров, Ю. Н. Гальванические покрытия при восстановлении деталей. — М.: Колос, 1965. — 136 с.

## Вторичное использование отходов металлоперерабатывающего производства

Горбатова Светлана Юрьевна, доцент;  
Шавва Андрей Александрович, аспирант, ассистент;  
Чусов Александр Николаевич, кандидат технических наук  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

*В статье рассматривается проблема вторичного использования отходов, оставшихся в результате производства металлических изделий (пыль, стружка, шлак) и их применение их для безотходного производства. The problem of recycling waste left over from the production of metal products (dust, shavings, slag) and their application to non-waste production.*

**Ключевые слова:** *металлическая стружка, безотходное производство, вторичное использование.*

### Вводная часть и новизна

Предприятия, занимающиеся переработкой металла производят внушительное количество пыли от металлических изделий и металлической стружки. В результате механического воздействия на изделие появляется металлическая стружка и металлическая пыль, при заточке, заготовке, шлифовке изделий и других видах работ. Отходы разных металлов, в большинстве случаев образуются на одном и том же оборудовании, на одном и том же станке, в результате обработки заготовок из разных металлов. Как возможные варианты сортировки отходов разных металлов можно использовать магнитные свойства железа. При воздействии магнита стальные опилки притягиваются и отделяются от других металлических отходов, собираются отдельно в соответствующей ёмкости. После выполнения действий по сортировке, отходы перемещаются на переработку. В частности, в результате переработки однотипной стружки можно воспользоваться способом горячей штамповки при  $t = + 1000 - 1200^\circ\text{C}$  и получить монолитную деталь, не требующую дальнейшей работы с ней. Метод горячей штамповки имеет свои плюсы, что когда работа выполняется при более низких температурах это создаёт внушительную экономию затрачиваемой энергии, отсутствие потерь, 100% использование отходов. [1] Стоит отметить, что технические отходы из нержавеющей стали собираются в отдельную тару и их крайне нежелательно смешивать с другими отходами. Когда, отходы прошли стадии сортировки, они направляются на переработку. В результате исследований в ВНИИ твердых сплавов были реализованы способы утилизации металлической стружки. Суть метода заключается в том, что

поступающая на переработку стружка не перерабатывается в порошковую сталь. Известно, что процесс литья требует больших финансовых вложений и больших энергетических затрат. Данный метод позволяет исключить крайне невыгодный процесс из хода работ. В любом металлоперерабатывающем предприятии, возможно, применить данный метод. Если остановиться на этом способе и рассмотреть его, то можно сказать что, металлическая стружка отмывается от масел в бензине или в керосине, после чего загружается в среду этанола в шаровую или в вибромельницу и размалывается до нужной степени помола. Таким образом, получается порошок, который потом с использованием смесителя замешивают в составе с синтетическим каучуком в бензине и прессуется на 500-тоном прессе. Материал, полученный в результате вышеперечисленных операций, обладает значительной пористостью (около 30%). Он спекается в вакууме или в защитной атмосфере. Горячей ковке или прокатку подвергают материал для получения образца с необходимыми габаритами. В результате таких действий можно получить мелкозернистую порошковую сталь. И в дальнейшем такую сталь, возможно, применять практически в любых легирующие добавки. Также в результате практического применения резцов, изготовленных вышеописанным способом, их стойкость и стабильность оказалась больше обычных в три раза. Кроме того предварительное добавление в смесь незначительных количеств титана (Ti) изменяет твердость инструмента в лучшую сторону, также уменьшает коэффициент трения и увеличивает срок жизни резцов. Что касается, добавки титана — она увеличивает интенсивность ряда технологических операций: размола, прессования и спекания. В конце двадцатого века, а конкретно

в восьмидесятых годах, на основании использования подходов с применением вакуумной и электрошлаковой переплавке в специальном пульсирующем магнитном поле, были разработаны технологии по переработке твёрдых промышленных отходов (ТПО) сверхтвёрдых сталей. Проводимые в то время специальные исследования показали, что электрошлаковый переплав ТПО сталей с повышенной твёрдостью в пульсирующем магнитном поле — является одним из эффективнейших для применения способов восстановления изношенного образца в горячей штамповке.

Брак, литники, металлическая стружка в результате применения механической обработки образуют хороший материал, который возможно использовать для приготовления шихты. Нужно обратить внимание, что применение для плавки одних отходов крайне нежелательно, так как при этом может возрасти насыщенный газом металла и возможно повышение содержания окислов. Нужно не забывать, что количественное содержание отходов, допущенных в плавку не должно превышать 35–40% от общей массы шихты. В случае необходимости проведения нескольких литейных сплавов, нужно внимательно контролировать, чтобы не произошло смешивание технических отходов металла различного состава. Поэтому возврат (технических отходов металла) следует хранить в строго отведённых для этого зонах с сортировкой по сплавам, где к каждому материалу будет присвоена своя марка. Это позволит свести к минимуму, возможные ошибки при хранении, в результате которых может произойти смешивание материалов, что в свою очередь строго запрещено. Подобный метод по сортировке отходов производства уже достаточно распространён по всему миру. В литейном производстве характерно одновременное перемещение существенного количества металла, а также вспомогательных материалов. Если остановится подробнее и рассмотреть основные этапы литейного производства, то в первую тут применяется возмещение уже ранее использованных формовочных смесей. Возмещение включает в себя следующие стадии, которые связаны с технологическим процессом. Всего пять стадий, на которых можно сделать небольшую остановку и рассмотреть подробнее, что они из себя представляют:

- 1) Раздробление уже использованной формовочной массы.
- 2) Очищение от оставшегося металла.
- 3) Просев с одновременным продувом воздухом и сбором пыли.
- 4) Оттирка зерен песка от связующего.
- 5) Повторное проведение мероприятий по сбору остатков пыли.

Что касается дробления формовочной смеси, то она производится в два этапа:

- 1) Первичное дробление на валковых дробилках.
- 2) Окончательное дробление на роторных дробилках.

Потом осуществляется очистка раздробленной формовочной массы от металла, с применением магнитных сепараторов. Электромагнитная очистка формовочных является самым выгодным вариантом конструктивного использования сепаратора. Такое конструктивное исполнение позволяет извлекать практически без остатка металлические частицы из отработанной и хорошо раздробленной формовочной смеси. [8] В результате дробления, магнитной сепарации и обеспыливания происходит частичное разрушение глиняной корки и пленки связующих с поверхности частиц песка. Чтобы окончательно очистить песок, осуществляется его пневмо-регенерация (т.е. регенерация струей воздуха). [2] В большинстве стран этот метод имеет достаточно высокую популярность в металлургическом производстве. Очень распространено для очистки песка применение способа “кипящего” слоя. Метод представляет собой введение вращающихся лопаток в движущейся слой песка. Перед этим, нужно осуществить расчёт скорости воздуха, который нагнетает песок, он рассчитывается так, чтобы частицы песка не уносились с воздухом, а находились в потоке во взвешенном состоянии, т.е. как бы кипели. Скорость перемещения песка выбирается таким образом, чтобы отрезок времени, за который частицы песка находятся в подвешенном состоянии, был вполне достаточным для ее полной очистки. Гораздо труднее проводится регенерация жидкостекольных самоотверждающихся смесей. Для регенерации таких смесей используют способ химического восстановления свойств песка, который базируется на селективном растворении в кипящем растворе щелочи. Концентрация щелочи 1–15%; время обработки = 1 час, температура +100°C; степень извлечения жидкого стекла не менее 70%. В результате того, что происходит регенерация связанная с результатом селективного растворения это даёт возможным процесс использования метода не только с обычными материалами типа кварцит, а также с редкими продуктами, такими как например электрокорундом. Именно возможность применения способа селективного растворения гарантирует высокое качество регенерации. Содержание примесей в регенерированном продукте составляет: SiO<sub>2</sub> 0,6%; FeO 3,12%; Na<sub>2</sub>O 0,04%. Перерабатывая технические отходы, которые являются основными материалами литейного производства, не даёт возможности для решения всех проблем и в частности использования вспомогательных материалов. Также к этим материалам относится зола и шлаки, как известно появляются они при сжигании материалов. Содержание тех или иных компонентов в шлаках, зависит от места их добычи. Уже давно известно, что бурые угли, добываемые в Подмосковье, после сжигания дают шлаки с высоким содержанием алюминия. Поэтому, так называемые мартеновские шлаки, возможно, использовать как флюс в доменных печах. Шлаки, оставшиеся после сварки из нагревательных печей богаты железом. Именно из-за этого, такие шлаки, возможно

добавлять в шихту в доменных печах для частичной замена руды с целью получения экономической выгоды. Шлаки, в которых есть след фосфора, могут быть применены в качестве минерализованных удобрений. Но не стоит забывать, что также в таких продуктах могут содержаться канцерогенные вещества в особенности галоидированные. Именно поэтому, когда в переработке используются шлаки разных видов, то тут необходимо не забывать о экогеографии постигаемого топлива, которое служит сырьем для получения шлака. Нельзя без внимания использовать любой практически продукт, содержащий дорогостоящий компонент. В особенности это касается сырьевых материалов, где могут участвовать галогены хлор, бром. [3] Проведенные опыты рассказывают о том, что в некоторых случаях шлаки с большим успехом могут использоваться в медицинской практике. Доменные шлаки с учетом той информации, о которой мы говорили ранее, содержат ряд химических соединений серы, кальция, магния, железа. Они хорошо растворяются в воде, которую в дальнейшем можно использовать после предварительной проверки, для лечения ряда заболеваний: различные формы костно-суставных заболевания, невралгические заболевания и д.р. Но не стоит забывать о тщательном изучении такой воды на содержание вредных соединений в ней, в том числе супертоксиканты — галоидированные. Чтобы проанализировать содержащийся в воде ксенобиотика, требуется использование ранее уже разработанных и зарекомендовавших себя методов анализа нацеленных на отделение от фоновых веществ, и далее приведение в действие анализа с помощью газовой хроматографии и масс-спектрографии с высокой разрешающей способностью и чувствительностью. В случае, когда невозможно использование таких видов анализа на месте, то осуществляется заключение договора на проведение соответствующих исследований в городе Москве, Санкт-Петербурге или Уфе. Если подобные исследования не проводятся, то использование шлаков для приготовления минерализованной лечебной воды нельзя. [4] Кроме описанных ранее метода применения, шлаки также возможно использовать в качестве наполнителя в строительной индустрии для формирования из цементной смеси шлаков.

Что конкретно можно считать полиметаллом? Полиметалл это — масса металлических отходов технического происхождения, которые состоят из нескольких сортов разнообразных металлов, напылённых электрохимическим способом. В большинстве случаев основой изделия является железо или медь, а что качается, покрытия используются, ими могут быть цветные и редкие или даже драгоценные металлы: золото, серебро, платина. К отходам от радиоэлектронных изделий это относится в первую очередь к некоторым типам контрольно-измерительных приборов, некоторых электротехнических агрегатов (например, выпрямителей тока и ТП). В зависимости от характера сортированных отходов таких из-

делий они подвержены переработке в гальваническом производстве, где производится снятие металлических покрытий по каждому слою в отдельности электрохимическим способом. К примеру, олово и его сплавы отделяются в растворе, содержащем 50–100 г/л NaOH, с применением температуры +60–70°C. Серебряное напыление снимается, смесью с высоким содержанием азотной и серной кислот. Возможный вариант утилизации солей серебра базируется на получении хлористого серебра AgCl, который при его появлении всегда выпадает в осадок. Что является важнейшей качественной реакцией на серебро, точнее на катион серебра Ag<sup>+</sup>. [14] Металлическое серебро, риделённое с тонких поверхностей полиметаллов, расщепляется в азотной кислоте в виде азотнокислого серебра — AgNO<sub>3</sub> и продолжает осаждаться далее из раствора подачей соляной кислоты и формированием осадка хлористого серебра AgCl. Затем в результате проведения ряда preparаций (промывка водой, подкисление соляной кислотой HCl) осадок кипятят с цинком. По результатам проведённых реакций восстановления серебра, его отщепляют от цинка и проводят ряд химических стадий очищения, в результате чего получается чистый готовый продукт. Отделение золота с поверхности полиметалла осуществляется также особым химико-технологическим методом с использованием азотной кислоты. [6] Работы выполняются при включенной и постоянно работающей вентиляцией в помещении или отсеке, что сводит к минимуму возможные выбросы оксидов азота, которые в свою очередь должны улавливаться сорбентом (активированным углем или другим поглотителем). Иной способ отделения золота основывается на обработке полиметаллических поверхностей раствором щелочи. Чтобы это осуществить, поверхность полиметалла несколько раз обрабатывается горячим раствором щелочи. Распространения раствора щелочи нарушает адгезию (прилипание) с другим основным металлом и золотое покрытие отделяется в воде губкой или щеткой. Если материалом основной металлической поверхности является медь, то метод, описанный ранее, является неэффективным. Если всё же появляются изделия полиметалла, где основной поверхностью является медь, то они направляются на соответствующие медеплавильные производства, на котором металлы отделяются обычным способом под воздействием температуры. Можно напомнить, что коэффициент использования металла в бывшем Советском Союзе по данным 1990 г., составила всего 0,7, то есть 70%. Таким образом ~30% металла шло по данным 1990 г. в так называемые отходы. [14] Сейчас этот показатель снизился для всех возможных видов металлов. Что является недопустимым. На сегодняшний день вторичное использование принимает высокую роль в развитии экономики, так как крайне дорогими оказываются цены на энергетику. Применение технических отходов черных и цветных металлов вместо руды дает значительную выгоду в процентах на затраты энергетики: для:

алюминия 95, для меди — 83, для свинца — 64, для цинка — 60, и для стали-74.

Забывая обо всех положительных моментах, сейчас большинство действующие предприятия всё также следуют за старой и заслуживающей их доверия технологии утилизации сырья, которая предполагает полезное использование только относительно малой части сырья. На данном этапе это особенно интересно, так как, во-первых, уменьшились или были полностью заморожены все исследовательские работы по совокупному использованию сырьевых ресурсов и утилизации всех видов отходов. Во-вторых, если сравнивать с прошлыми годами, сейчас предельно уменьшены требования организаций, которые занимаются охраной природы к исполнению ряда работ по разработке безотходных технологий. В-третьих, для полного осуществления анализа и получения соответствующих данных в результате исследовательских и научных работ у большинства предприятий металлургического производства нет соответствующих средств

#### Выводы и рекомендации

Необходимо обратить внимание на плюсы методов, что в большинстве случаев невозможно сделать. Про-

блема в том, что для проведения анализа на производстве, в частности предприятий занимающихся металлургией, попросту нет ни финансовой, ни материальной базы для его осуществления. Большинство предприятий находятся часто в лежачем состоянии, для которых в большинстве случаев проще обойтись стандартным методом, чем безотходной технологией. Стандартные методы переработки уже настолько укоренились, что чтобы возник острый вопрос перехода нужен серьёзный толчок для этого. Большинству предприятий невыгодно тратить средства на изучения проблем, связанных с экологией и простота ходят рука об руку с выгодой. Вопреки всем возможным трудностям и разнооттеночность политической палитры Россия должна обратить внимание на возможность продвижения вперед, нахождения той золотой середины, которая позволит решать постепенно все возможные проблемы народного хозяйства, в том числе и возрастающую необходимость утилизации всех твердых промышленных и бытовых отходов. Пока еще есть возможность всё исправить и сохранить свой род и нашу зеленую планету. Но времени для раздумий и начала действия остается все меньше. Необходимо остановить промедление принятия решений многих экологических проблем, в т.ч. и переработки твердых отходов, это недопустимо во имя живущих сейчас и будущих поколений людей.

#### Литература:

1. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 29.12.2015) «Об отходах производства и потребления»
2. Природоохранные технологии на полигонах ТБО Марова А.В., Чусов А.Н., Негуляева Е.Ю. Твердые бытовые отходы. 2007. № 3. с. 10–13.
3. Экспериментальные исследования морфологического состава твердых бытовых отходов, Чусов А.Н., Негуляева Е.Ю., Замараева В.С.
4. В сборнике: Материалы встреч международной группы экспертов проекта «Разработка плана природоохранных мероприятий по обращению с твердыми бытовыми отходами в Санкт-Петербурге» LIFE02 TCY/ROS/039 Правительство Санкт-Петербурга, Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности, Генеральная дирекция по окружающей среде Европейской комиссии. Санкт-Петербург, 2006. с. 30–36.
5. Геоэкологические аспекты обращения с ТБО, содержащими опасные компоненты// Рыжакова М.Г., Масликов В.И. //Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 8 (23). с. 48–66.
6. Негуляева, Е.Ю. Оптимизация системы обращения с отходами для защиты геоэкологической среды // Фундаментальные исследования в технических университетах: Всерос. конф. по пробл. науки и высшей школы. — СПб., 2004. — с.286–287.
7. Фёдоров, М.П., Уманец В.Н. Анализ геоэкологических проблем при строительстве городов (на примере Санкт-Петербурга) // Науч. — техн. ведомости СПбГПУ. — 2010. — № 2. — с 196–201.
8. Экспериментальное исследование процесса образования металлической стружки
9. Розенберг.А.М.
10. Известия Томского политехнического университета. 2003. Т. 306. № 7. с. 165–171.
11. Михеев, П. Ю., Шавва А. А. Проектирование систем отопления и вентиляции в жилых зданиях //Методические рекомендации, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29
12. Качество жизни: вчера, сегодня, завтра. Актуальные проблемы вступления России в ВРО, Астратова Г.В. Под общей и научной редакцией д.э.н., профессора Г.В. Астратовой. Екатеринбург, 2012.
13. Перспективы развития безотходных производств в Китае
14. Шин, Т., Джинглу И.
15. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2007. № 2. с. 398–401.

16. Технология конструкционных материалов, Малыгин Ф. К., Стариков Н. Е., Гвоздев А. Е., Золотухин В. И., Сергеев Н. Н.
17. Учебник для вузов / Ответственный редактор Н. Е. Стариков. Тула, 2015. (Изд. 2-е испр. и доп.)
18. Основы технологической подготовки
19. Сергеев, Н. Н., Сергеев А. Н., Гвоздев А. Е., Колмаков А. Г., Бреки А. Д., Провоторов Д. А., Золотухин В. И., Стариков Н. Е., Медведев П. Н., Малий Д. В., Дорохин Ю. С., Боголюбова Д. Н., Калинин А. А., Кузовлева О. В., Старикова К. Н., Кутепов С. Н., Хонелидзе Д. М., Новикова В. В.
20. Учебное пособие / Тула, 2015. (Издание 2-е, исправленное и дополненное)
21. Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления.
22. Экологический консалтинг. 2008. № 4. с. 12–59.
23. Твердые промышленные и бытовые отходы, их свойства и переработка, 1997 г.
24. А. А. Дрейер, А. Н. Сачков, К. С. Никольский, Ю. И. Маринин, А. В. Миронов.

## Cloud computing technology: future development

Горбина Марина Александровна, старший преподаватель;  
Левина Оксана Сергеевна, магистрант

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета в г. Шахты

Nowadays cloud computing technology is being actively developed. The main idea is to provide the user with software and computer resources as Internet services, while placing all the applications and data, that are needed to work on a remote server on the Internet [1].

This technology finds many applications, for example, in the field of education. The examples are electronic diaries, journals, electronic books, exercise equipment, diagnostic, test and training systems, laboratory systems, digital libraries, computer programs. In addition, such systems can be used to control the examination or for political elections.

Cloud computing technology together with computer vision technology is used to manage software and smart tools in large-scale video surveillance system, such as schools, stadiums, psychotic hospitals, prisons in order to ensure security and order. This technology is called situational video analytics, and it allows not only to detect an object and track its movement, but also to classify the behavior of an object based on user-defined rules.

Such video surveillance systems are widely deployed in various spheres of life.

There are methods that have been tested on a different set of videos and using different specifications for the recognition of violence. The method identifies the violent scenes video from the movie using the classifier trained scenes of violent changes, explosions, blood and audio frame information [2].

Another method is based on audiovisual information [3] and uses statistics of audio features and average motion and motion orientation variance features in video combined in a k-Nearest Neighbor classifier to decide whether the given sequence is violent. But there is the problem within the context of video sharing sites by using textual tags along with audio and video [4,5].

The method for detecting scenes of violence in certain video features is also used in the method [6] presented as a violence detector built on the concept of visual codebooks using linear support vector machines. The main difference from the existing works of violence detection in what concern the data representation, as none has considered local spatio-temporal features with bags of visual words. The evaluation of the importance of local spatio-temporal features for characterizing the multimedia content is conducted through the cross-validation method.

“Visual words” are distinctive feature vectors, i.e. features considered informative enough to account for the underlying patterns of a set of visual data. They compose what is called the visual codebook. Depending on the intrinsic characteristics of the interest point detector and feature descriptor are used to compute the feature vectors. Low-level features of each video are computed by using a feature descriptor, e.g. SIFT (Spatio-temporal features), STIP (Space-Time Interest Points).

Table 1. Performance of shot classification using oriented-gradient features with 100-word codebook

SIFT		
(%)	Violent	Non-Violent
Violent	80.09	19.91
Non-Violent	14.65	85.35

Table 2. Performance of shot classification using spatio-temporal features with 100-word codebook

( <b>%</b> )	<b>STIP</b>	
	<b>Violent</b>	<b>Non-Violent</b>
Violent	99.54	0.46
Non-Violent	0	100.0

The results obtained confirm that motion patterns are crucial to distinguish violence from regular activities in comparison with visual descriptors that rely on the space domain. For the experiment of recognition of violence scenes videos of two categories were picked up: violence and non-violence samples. In total, there are 400 videos, 200 of them compose each category. The results of Tables 1 and 2 show the classification performance of the method with SIFT and STIP, re-

spectively. SIFT are decisive to better define what is in fact relevant to separate the different categories, obviously, provided that the difference among the classes strongly takes into account motion patterns. The results somehow claim the relevant work with the space-time domain for encountering unique characteristics of the behavior of the interest structures in contrast to a visual descriptor that relies solely on the space domain [7].



Fig. 1. Two consecutive frames in a fight clip from a movie

The key role in a problem of recognition of violence belongs to sharp, rapid movements, which can be obtained from the trajectories tracked points with using an Acceleration Measure Vectors (AMV) [8]. However, it should be noted that the emergency acceleration is blurring, which makes tracking be less accurate or impossible. Figure 1 on the left side of the frame can be seen motion blur. Motion blur in-

volves a shift in image content towards low frequencies. Such behavior allows building an effective acceleration estimator for video. This is necessary in order to show existence of a sudden movement between the two frames, the power spectrum of the second frame is in the form of an ellipse [9]. The ellipse is perpendicular to the direction of movement, the frequency of the ellipse is relaxed (figure 2).

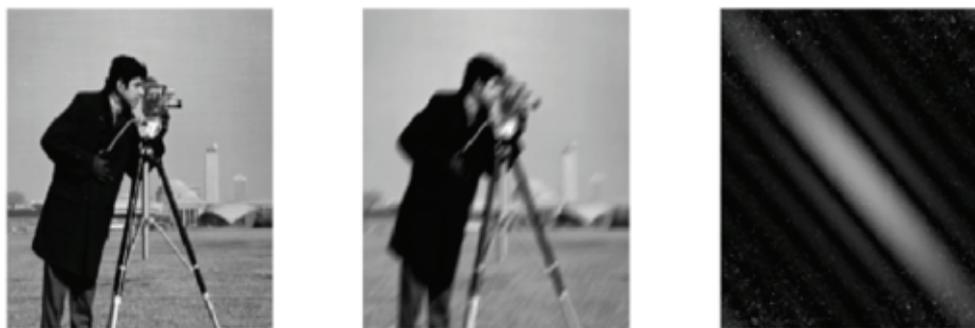


Fig. 2. Left: Sample image. Center: simulated camera motion at 45°. Right: Fourier transform of the center image

It is very important that the eccentricity of the ellipse depends on the acceleration. Essentially, the method is aimed at the detection of the sudden occurrence of an ellipse [10].

Let  $I_{i-1}$  and  $I_i$  — be two consecutive frames. Motion blur is equivalent to applying a low-pass oriented filter  $C$ .

$$F(I_i) = F(I_{i-1}) \cdot C, \tag{1}$$

where  $F(\cdot)$  denotes the Fourier Transform. Then:

$$C = \frac{F(I_i)}{F(I_{i-1})} \tag{2}$$

The low-pass oriented filter in C is the above-mentioned ellipse. For each pair of consecutive frames, we compute the power spectrum using the 2D Fast Fourier Transform (in order to avoid edge effects, a Hanning window was applied before computing the FFT). These spectra are denote as  $P_{i-1}$  и  $P_i$ , and a simple computation image:

$$C = \frac{P_i}{P_{i-1}} \tag{3}$$

Since the proposed method does not involve tracking or optical-flow techniques it is more suitable for measuring extreme accelerations. The problem is that the camera movement could also cause blur in the image. Therefore to get rid of the blur using DE convolution preprocessing step. All other blur will remain in the frame. When backgrounds are relatively uniform and displacement small, global motion estimation may still fail. The window function mentioned above restricts processing to the inner part of the image. When motion is global, changes in the outer part of the image will be relatively on par with those in the inner part. To eliminate

this disadvantage the additional function «Outer Energy» is computed and used.

Investigation of large masses of people is an important task in video surveillance systems, but challenging due to their uncertain nature of the form. First, optical flow are estimated and then it is used for the process an adjacency-matrix based adjacency matrix clustering (AMC) [11]. After obtained a group of people, their behavior characteristics are the direction, the position and the size of the crowd.

The method is able to predict the behavior of a person in the crowd, based on the power model, and then to detect abnormal situations. First, there is a preliminary clustering of optical flow that occurs by algorithm Lucas-Kanade (LK) [12], producing effective results of intensive streams in a video sequence. This process helps to predict model force field, because removed from the zero power point, i.e. those point-pair, which are in the same spatial position. The second stage, the composition of the adjacency matrix based on the adjacency matrix-based clustering (AMC). Further, we can create a model of the human crowd.

Figure 3 shows an example of modeling the crowd using force field. It can be seen that the crowd in the lower left part of the image is the strongest among the three groups of people, so the crowd will move in this direction with high probability.

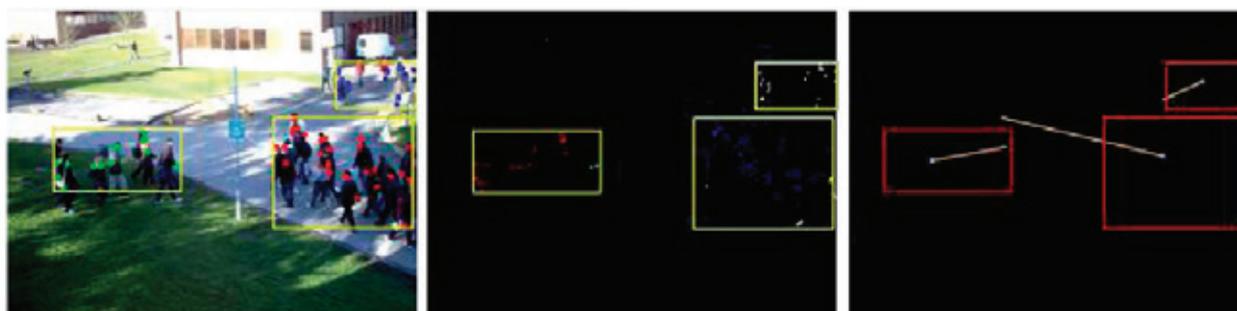


Fig. 3. (a) Clusters obtained from AMC algorithm; (b) optical flows of each clusters and (c) dominant forces computed by Eq. (6)

For performance comparison is used the UMN dataset [13] to conduct the event detection process and compare to the baseline approach using pure optical flows and the social force model based approach (SFM) in [14] based on the detected time instant that the unusual event begins. Experimental results obtained by using extensive dataset have shown that this system is effective in detect unusual events for uncontrolled environment of surveillance videos.

Technology of violence is applied to solve the task of revealing dangerous situations while monitoring a small number of people and observing mass events, when outbreaks of violence is difficult to see without the special video systems. In general, the methods of recognition of violence based on the identification of the features of unusual behavior use various descriptors, characteristics and special clusters. Thus, it is clear that the problem of detection of violence in real time is relevant and constantly evolving.

References:

1. В. В. Грибова, А. С. Клещев, Д. А. Крылов и др. Облачная платформа для разработки и управления интеллектуальными системами, Материалы конф.: Open Semantic Technologies for Intelligent Systems, 2011

2. Lin, J. and Wang, W. (2009). Weakly-supervised violence detection in movies with audio and video based co-training. In Proceedings of the 10th Pacific Rim Conference on Multimedia, pages 930–935, Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag.
3. Giannakopoulos, T., Kosmopoulos, D., Aristidou, A., and Theodoridis, S. (2006). Violence content classification using audio features. In Advances in Artificial Intelligence, volume 3955 of Lecture Notes in Computer Science, pages 502–507.]
4. Zou, X., Wu, O., Wang, Q., Hu, W., and Yang, J. (2012). Multi-modal based violent movies detection in video sharing sites. In ISClDE, pages 347–355.
5. O. Deniz, I. Serrano, G. Bueno, T-K. Kim Fast violence detection in video (2014) The 9th International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP)
6. Violence Detection in Video Using Spatio-Temporal Features
7. D. G. Lowe, “Distinctive image features from scale-invariant keypoints,” Int. J. Comput. Vision, vol. 60, no. 2, pp. 91–110, 2004.
8. Datta, A., Shah, M., and Lobo, N. D. V. (2002). Person-on-person violence detection in video data. In Pattern Recognition, 2002. Proceedings. 16th International Conference on, volume 1, pages 433–438.
9. Barlow, H. B. and Olshausen, B. A. (2004). Convergent evidence for the visual analysis of optic flow through anisotropic attenuation of high spatial frequencies. Journal of Vision, 4 (6):415–426.
10. O. Deniz, I. Serrano, G. Bueno, T-K. Kim Fast violence detection in video (2014) The 9th International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP)
11. Duan-Yu Chen, Po-Chung Huang, “Motion-based unusual event detection in human crowds”, J. Vis. Commun. Image R. 22, pp.178–186, 2011
12. Lucas B. D., Kanade T., An iterative image registration technique with an application to stereo vision, in: Proceedings of the 1981 DARPA Imaging Understanding Workshop, 1981, pp. 121–130
13. University of Minnesota — Crowd Activity Dataset. <<http://www.mha.cs.umn.edu/Movies/Crowd-Activity-All.avi>>.
14. Ramin Mehran, Alexis Oyama, Mubarak Shah, Abnormal crowd behavior detection using social force model, in: IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Miami, 2009.
15. Воронин В. В., Письменскова М. М., Марчук В. И., Морозова Т. В. Методы построения дескрипторов применительно к задаче распознавания действий человека на основе пространственно-временной обработки видеопоследовательности / Инновации, экология и ресурсосберегающие технологии (ИнЭРТ-2014) [Электронный ресурс]: труды XI международного научно-технического форума / ДГТУ; под ред. А. Д. Лукьянова — Ростов н/Д: ДГТУ, 2014. — с. 1326–1332.

## Совершенствование систем газоочисток доменного газа

Губарев Василий Яковлевич, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой;  
Юшков Николай Владимирович, аспирант  
Липецкий государственный технический университет

*Технологическое совершенствование систем газоочисток доменного газа необходимо производить при оптимизации конструкций и параметров работы по очистке и охлаждению отдельных аппаратов систем газоочистки. Повышение эффективности грубой сухой очистки доменного газа достигается за счет установки в действующие системы газоочистки дополнительного тангенциального пылеуловителя. Уменьшение расходов технической воды на очистку доменного газа в полом скруббере высокого давления может быть получено за счет понижения температуры оборотной воды, т.е. за счет повышения эффективности работы вентиляторных градиен оборотных циклов водоснабжения. Для возможности повышения эффективности полутонкой очистки доменного газа целесообразно установить регулируемые трубы Вентури.*

**Ключевые слова:** *колошниковая пыль, радиальный пылеуловитель, тангенциальный пылеуловитель, полый скруббер повышенного давления, труба Вентури, перепад давлений, объемный коэффициент теплопередачи.*

Доменный газ является побочным продуктом процесса выплавки чугуна в доменной печи. Отводимый от доменной печи газ, количество которого составляет 300–700 тыс. м<sup>3</sup> /ч в зависимости от полезного объема до-

менной печи, целесообразно использовать в качестве газообразного топлива после предварительной очистки. Содержание колошниковой пыли в грязном доменном газе составляет 5–20 мг/м<sup>3</sup>. [3, с. 9–11]

Фракционный и химический состав колошниковой пыли определяется:

- подготовкой шихтовых материалов;
- давлением под колошником доменной печи;
- содержанием кислорода в дутьевом воздухе;
- количеством вдуваемых в доменную печь заменителей кокса (пылеугольное топливо, природный газ). [2, с. 13–15].

Состав доменного газа и его параметры зависят от конкретных условий работы доменных печей и характеризуются.

- избыточным давлением газа под колошником доменной печи 0,6–2,4 атм.;
- температурой грязного газа перед его очисткой 100–250 °С;
- влажностью газа 30–100 г/м<sup>3</sup>. [7, с. 264–266]

Таблица 1. Фракционный и химический состав колошниковой пыли

Фракционный состав		Химический состав	
Размер частицы, мкм	Содержание, %	Компоненты	Содержание, %
>500	1,5	SiO <sub>2</sub>	8,2
500–200	33,0	FeO	12,8
200–100	12,3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26,4
100–80	9,0	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,7
80–60	10,0	MnO	2,7
60–40	7,0	CaO	8,6
40–20	18,0	MgO	3,8
20–10	7,5	S	0,3
10–5	1,3	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,3
5–1	0,35	C	32,2
<1	0,5		

Таблица 2. Ориентировочный состав доменного газа

Компонент, %				
CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>
12,2	28	2,2	0,1	57,5

Основными потребителями доменного газа в энергетическом хозяйстве металлургических предприятий являются воздухонагреватели доменных печей, котельные агрегаты ТЭЦ, методические нагревательные печи прокатных производств. Для нормальной работы данных агрегатов запыленность газа должна быть 4–10 мг/м<sup>3</sup>, температура 35–40 °С, влажностью < 50 г/м<sup>3</sup>. [3, с. 12–13]

Для возможности оптимизации режимов работы и конструкций газоочистного оборудования доменных печей ПАО «НЛМК» был проведен анализ работы газоочистки № 3 доменной печи № 5.

Система газоочистки № 3 доменной печи № 5 полезным объемом состоит из сухого пылеуловителя радиального

типа, полого скруббера высокого давления, трех параллельно установленных нерегулируемых труб Вентури с каплеотделителями, дроссельной группы, каплеуловителя дроссельной группы и тангенциального каплеуловителя. Полый скруббер высокого давления имеет высоту 27000 мм и диаметр цилиндрической части 9000 мм. Скруббер оборудован трёхъярусной системой орошения с эвольвентными форсунками диаметром выходного сечения 62,5 мм. Аппаратом тонкой очистки доменного газа являются нерегулируемые трубы Вентури с диаметром горловины 550 мм. Система орошения каждой трубы Вентури представлена тремя эвольвентными форсунками диаметром выходного сечения 40 мм, установленных в конфузоре.

Таблица 3. Параметры работы газоочистки № 3 доменной печи № 5

№	Параметр	Единица измерения	Значение
1.	Давление грязного доменного газа	МПа	0,19
2.	Температура грязного доменного газа	°С	180
3.	Выход доменного газа	тыс. м <sup>3</sup> /ч	530
4.	Расход технической воды на скруббер	м <sup>3</sup> /ч	3000
5.	Расход технической воды на трубы Вентури	м <sup>3</sup> /ч	150
6.	Расход технической воды на дроссельную группу	м <sup>3</sup> /ч	120
7.	Температура технической воды, поступающей на газоочистку	°С	37
8.	Перепад давлений на трубах Вентури	кПа	5

Аппаратом грубой сухой очистки в данной схеме является радиальный пылеуловитель. С учетом работы доменной печи № 5 ПАО «НЛМК» с повышенным давлением под колошником и высоким качеством подготовки шихтовых материалов эффективность очистки доменного газа в данном случае не превышает 40–50% с диапазоном фракционного состава улавливаемой пыли > 80 мкм. Повышение эффективности грубой очистки доменного газа до 70–80% достигается включением в данную схему газоочистки дополнительного тангенциального пылеуловителя. При этом диапазон фракционного состава улавливаемой пыли повысится до > 50 мкм. Кроме того, с учетом увеличения количества улавливаемой сухой колошниковой пыли, которая полностью утилизируется, снизится нагрузка на радиальные отстойники системы оборотного водоснабжения газоочистки № 3 доменной печи № 5 ПАО «НЛМК». [4, с. 29–36]

Использование полого скруббера высокого давления в системах газоочистки доменного газа преследует цели глубокого охлаждения газа и улавливание крупной фракции колошниковой пыли. После скруббера системы газоочистки доменной печи № 5 с учетом удельного расхода технической воды 5,7 л/м<sup>3</sup> доменного газа достигается охлаждение доменного газа до 50 °С и его очистка до 200–400 мг/м<sup>3</sup>.

По ранее принятым нормам проектирования габариты скруббера определяются параметрами доменного газа, исходя из расчетной скорости газа 1,5 м/с. По результатам обследования скорость газа в полом скруббере высокого давления при нормальной работе доменной печи № 5 достигает 2,0–2,3 м/с. При высоких значениях скорости

газа и малом времени пребывания газа в скруббере достигается хорошее охлаждение (высокое значением объемного коэффициента теплопередачи — 1600 Вт/м<sup>3</sup> °С) и качественная очистка. Также о высокой эффективности теплообмена в скруббере говорит тот факт, что температура уходящего газа на 3–5 °С выше температуры воды после скруббера. [8, с. 80–87]

Кроме того, анализ режимов охлаждения газа в скруббера системы газоочистки доменной печи № 5 показал, что требуется совершенствование режима работы вентиляторных градирен оборотного цикла водоснабжения (температура технической воды, поступающей на газоочистку, достигает 40 °С). Повышение эффективности охлаждения оборотной воды в вентиляторных градирнях, следовательно, снижение температуры технической воды, поступающей на газоочистку, позволит снизить ее расход при неизменных режимах работы полого скруббера высокого давления по охлаждению и очистке газа.

Трубы Вентури, установленные после скруббера, в данной системе газоочистки, работающие на перепаде давлений 5 кПа, являются аппаратами полутонкой очистки перед дроссельной группой, обеспечивая конечную запыленность газа 30–100 мг/м<sup>3</sup>.

Эффективность очистки газа в трубах Вентури и зависит от скорости газа, то есть от перепада давления на горловине трубы Вентури. Чем больше скорость, тем большую турбулентность приобретает поток, одновременно с этим происходит разрушение абсорбированной газовой оболочки мелких частиц колошниковой пыли, что обеспечивает хороший контакт пылинок с раздробленными турбулентным потоком газа каплями воды. [1, с. 339–346]

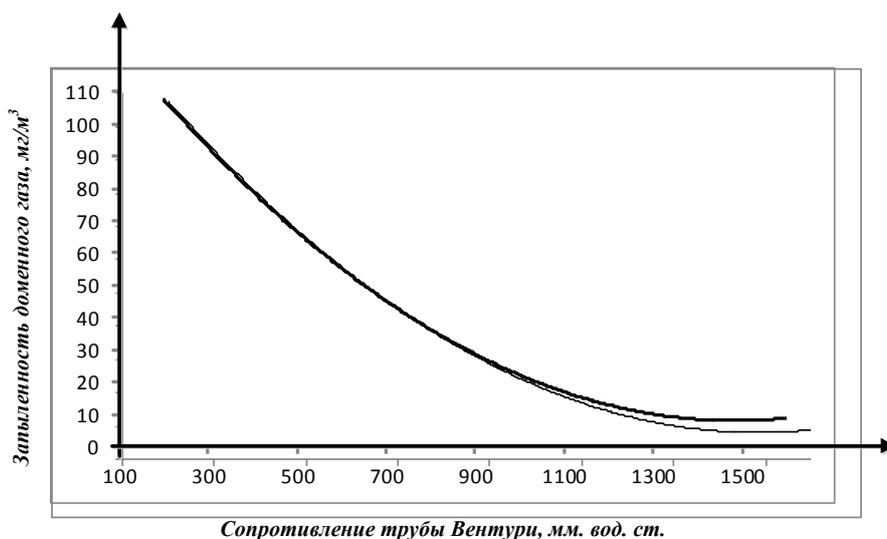


Рис. 1. Зависимость эффективности очистки газа в трубе Вентури от сопротивления проходу газа

С учетом невысокого удельного расхода технической воды — 0,3 л/м<sup>3</sup>, подаваемой на очистку доменного газа в трубы Вентури газоочистки доменной печи № 5 ПАО «НЛМК», имеем низкие значения перепада

давлений — 5 кПа, что говорит о недостаточной эффективности очистки газа в данных аппаратах газоочистки. Увеличение удельного расхода технической воды до 0,5 л/м<sup>3</sup> позволит добиться значений перепада давлений

10–12 кПа, что повысит эффективность очистки доменного газа в трубах Вентури до 5–10 мг/м<sup>3</sup>. При повышении степени очистки доменного газа в трубах Вентури уменьшится запыленность газа перед дроссельной группой, следовательно, снизится ее абразивный износ.

Кроме того, для обеспечения высокой эффективности полутонкой очистки доменного газа при переходе доменной печи № 5 на пониженное давление под колошником целесообразно использовать регулируемые трубы Вентури. Наличие в горловине труб Вентури регулируемого конуса (обтекателя) позволит поддерживать высокое значение перепада давления на горловине (12–15 кПа) независимости от режима работы доменной печи, что обеспечит высокую эффективность очистки и охлаждения газа в трубах Вентури.

#### Литература:

1. Алиев, Г. М. — А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов / Под ред. Алиева Г. М. — А. — М.: Металлургия 1986—544 с.
2. Белоусов, В. В. Теоретические основы процессов газоочистки. Белоусов В. В.: Учебник для вузов. — М.: Металлургия 1988—256 с.
3. Старицкий, В. И. Газовое хозяйство заводов черной металлургии / Под ред. Старицкого В. И. — М.: Металлургия 1973—496 с.
4. Старк, С. Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве. Старк С. Б.: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Металлургия 1990—400 с.
5. Страус, В. Промышленная очистка газов. Страус В.: Пер. с англ. — М.: Химия 1981—610 с.
6. Швыдкий, В. С., Ладыгичев М. Г. Очистка газов / Под ред. Швыдкого В. С. — М.: Теплоэнергетик 2002—640 с.
7. Юдашкин, М. Я. Пылеулавливание и очистка газов в черной металлургии / Под ред. Юдашкина М. Я. — М.: Металлургия 1984—320 с.
8. Юдашкин, М. Я., Карлов М. П. Механическое оборудование установок очистки газа / Под ред. Юдашкина В. И. — М.: Металлургия 1979—247 с.

Таким образом, при оптимизации режимов работы и конструкции аппаратов системы газоочистки Доменной печи № 5 ПАО «НЛМК» можно достигнуть следующего:

- повышения эффективности грубой сухой очистки доменного газа за счет установки дополнительного тангенциального пылеуловителя;
- уменьшения расходов технической воды на полый скруббер высокого давления за счет повышения эффективности охлаждения оборотной воды в вентиляторных градирнях оборотного цикла водоснабжения;
- повышение эффективности полутонкой очистки доменного газа за счет использования регулируемых труб Вентури или увеличения удельных расходов технической воды, подаваемых на нерегулируемые трубы Вентури, при этом также повысится эксплуатационная надежность дроссельной группы.

## Расчет ветро-солнечной установки малой мощности

Дайчман Райнгольд Андреевич, ассистент  
Омский государственный технический университет

*В данной статье приведен расчет альтернативной комбинированной (гибридной) системы электроснабжения, приведены формулы, позволяющие определять параметры электрооборудования, входящего в данную систему.*

**Ключевые слова:** мощность, солнечные батареи, ветроустановка, расчёт, эффективность

Применение ветро-солнечных установок ввиду их большей эффективности, позволяет рассчитывать на увеличение шансов возобновляемой энергии России. Наибольшей эффективностью такие системы обладают в территориально и энергетически отдалённых регионах нашей страны. [1] Применение альтернативных источников позволяет получать стабильную и бесперебойную электроэнергию независимо от подвоза топлива.

Выбор систем автономного электроснабжения для конкретного потребителя является сложной задачей определения параметров ветроустановки, солнечных панелей, инвертора, контроллера, аккумуляторных батарей. [2]

Для расчета параметров системы при непосредственном питании от источников альтернативной энергии, необходимо определить пиковую мощность подключенных одновременно электроприборов.

Расчет пиковой мощности и потребляемой энергии.

Потребление электроэнергии Вт-час:

$$E_{сутi} = P_{устi} \cdot N_i \cdot (T_{yi} + T_{дi} + T_{вi} + T_{нi});$$

где  $P_{устi}$  — установленная мощность  $i$ -ого электроприбора, Вт.;

$N_i$  — количество электроприборов, шт.;

$P_{yi}, P_{дi}, P_{вi}, P_{ни}$  — мгновенная потребляемая мощность,  $i$ -ого электроприбора, утром, днем, вечером и утром, Вт.;

$T_{yi}, T_{дi}, T_{вi}, T_{ни}$  — время использования  $i$ -ого электроприбора, утром, днем, вечером и утром, час.

Суммарное суточное энергопотребление объекта:

$$E_{сумсут} = \sum E_{сутi};$$

Суммарная установленная мощность:

$$P_{сумсут} = \sum P_{сутi}$$

Расчет мощности ветроустановки.

Мгновенная мощность горизонтально-осевой ВЭУ:

$$P_{мгнвэу} = \frac{\pi \cdot v^3}{8 \cdot h^{3 \cdot k_{шерх}}} \cdot \rho \cdot k_{вэу} \cdot k_{устр} \cdot N_{вэу} \cdot D^2 \cdot h^{3 \cdot k_{шерх}};$$

Мгновенная мощность вертикально-осевой ВЭУ:

$$P_{мгнвэу} = \frac{v^3}{2 \cdot h^{3 \cdot k_{шерх}}} \cdot \rho \cdot k_{вэу} \cdot k_{устр} \cdot N_{вэу} \cdot (D \cdot H \cdot (h + \frac{H}{2}))^{3 \cdot k_{шерх}};$$

где  $v$  — скорость ветра, м/с;

$h$  — высота установки, м;

$H$  — высота ветроколеса, м;

$D$  — диаметр ветроколеса, м;

$k_{шерх}$  — коэффициент шероховатости поверхности, м;

$\rho$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$k_{вэу}$  — КИЭФ, %;

$k_{устр}$  — КПД сопутствующих устройств, %;

$N_{вэу}$  — количество установок, шт.

Мощность ВЭУ за сутки, Вт/сутки:

$$P_{вэусут} = P_{мгнвэу} \cdot 24;$$

Расчет мощности инвертора.

$$P_{нагробщ} = E_{сумсут} \cdot 1,1;$$

где  $P_{инверк}$  — рекомендуемая мощность инвертора, суммарная установленная мощность, округлённая в большую сторону, Вт;

$P_{нагробщ}$  — общее потребление нагрузки, Вт-ч;

$U_{инввх}$  — входное напряжение инвертора, В.

Общее количество энергии, используемое нагрузкой, А-ч/сут:

$$E_{нагр1} = \frac{P_{нагробщ}}{U_{инввх}};$$

Суммарная энергия, потребляемая нагрузкой, кВт-ч/сут:

$$E_{нагр2} = \frac{U_{инввх}}{E_{нагр1}};$$

Расчет аккумуляторной батареи.

Запас энергии в АКБ, А-ч:

$$Q_{акбзап} = E_{нагр1} \cdot T;$$

где  $T$  — дни без солнца (автономность), день.

Запас по автономности, А-ч:

$$Q_{\text{акбавт}} = Q_{\text{акбзап}} \cdot c_{\text{акб}};$$

где  $c_{\text{акб}}$  — глубина разряда для АКБ, кислотные  $c_{\text{акб}} = 0,3$ , прочие виды АКБ  $c_{\text{акб}} = 0,7$ .

Число цепочек АКБ, соединенных параллельно, округляется в большую сторону, шт.:

$$S_{\text{акбпар}} = \frac{Q_{\text{акбавт}}}{C_{\text{акбном}}};$$

где  $C_{\text{акбном}}$  — номинальная емкость АКБ, А-ч.

Число АКБ, соединенных последовательно, округляется в большую сторону, шт.:

$$S_{\text{акбпосл}} = \frac{U_{\text{нвсех}}}{U_{\text{акбном}}};$$

где  $U_{\text{акбном}}$  — номинальное напряжение АКБ, В.

Общее количество АКБ, шт.:

$$N_{\text{акб}} = \frac{S_{\text{акбпар}}}{S_{\text{акбпосл}}};$$

Общий АКБ блок емкостью, А-ч:

$$C_{\text{акбвсех}} = C_{\text{акбном}} \cdot S_{\text{акбпар}};$$

Общий АКБ блок напряжением, В:

$$U_{\text{акбвсех}} = U_{\text{нвсех}};$$

Реальная энергоёмкость АКБ, Вт-ч/сут:

$$E_{\text{акб}} = U_{\text{нвсех}} \cdot c_{\text{акб}} \cdot C_{\text{акбвсех}};$$

Оптимальный ток заряда, А. и коэффициент потерь, о.е.:

Кислотные:

$$I_{\text{акбз}} = C_{\text{акбвсех}} \cdot 0,1;$$

$$k_{\text{акбпот}} = 1,2;$$

Стартерные:

$$I_{\text{акбз}} = C_{\text{акбвсех}} \cdot 0,5;$$

$$k_{\text{акбпот}} = 1,3;$$

Щелочные:

$$I_{\text{акбз}} = C_{\text{акбвсех}} \cdot 0,2;$$

$$k_{\text{акбпот}} = 1,5;$$

Литий-ион-железно-фосфатные:

$$I_{\text{акбз}} = C_{\text{акбвсех}} \cdot 0,2;$$

$$k_{\text{акбпот}} = 1,03;$$

Прочие типы:

$$I_{\text{акбз}} = C_{\text{акбвсех}} \cdot 0,2;$$

$$k_{\text{акбпот}} = 1,6;$$

Мощность заряда, Вт.:

$$P_{\text{акбз}} = I_{\text{акбз}} \cdot U_{\text{акбвсех}};$$

Потери на заряд-разряд АКБ, кВт-ч/сут:

$$P_{\text{акбпот}} = k_{\text{акбпот}} \cdot E_{\text{загр2}};$$

Расчет количества солнечных панелей.

Среднемесячное количество пиковых солнце-часов, ч.

$$R_{\text{час}} = \frac{R_{\text{сум}}}{31};$$

где  $R_{\text{сум}}$  — месячная суммарная солнечная радиация, кВт.ч/м<sup>2</sup>.

Требуемая мощность солнечной батареи, кВт.:

$$P_{\text{сб}} = \frac{R_{\text{час}}}{P_{\text{акбпот}}};$$

Определение количества модулей, округляем в большую сторону, шт.:

$$N_{\text{сбмод}} = \frac{P_{\text{сб}}}{P_{\text{сбтмм}}} \cdot 1000;$$

где  $P_{\text{сбтмм}}$  — пиковая мощность фотоэлектрического модуля в точке максимальной мощности, Вт.

Число модулей, соединенных последовательно, для обеспечения требуемого выходного напряжения постоянного тока, шт.

$$S_{\text{сбшосл}} = \frac{U_{\text{ннввх}} \cdot 2}{U_{\text{сб}}};$$

где  $U_{\text{сб}}$  — номинальное напряжение фотоэлектрического модуля, В

Количество цепочек солнечных батарей, округляем в большую сторону, шт.:

$$S_{\text{сбцеп}} = \frac{N_{\text{сбмод}}}{S_{\text{сбшосл}}};$$

Общее количество модулей, округляем в большую сторону, шт.:

$$N_{\text{сбмодвсех}} = \frac{S_{\text{сбшосл}}}{S_{\text{сбцеп}}};$$

Расчет контроллера.

Требование по напряжению для контроллера, В.:

$$U_{\text{конт}} = S_{\text{сбшосл}} \cdot U_{\text{хксб}};$$

где  $U_{\text{хксб}}$  — максимальное напряжение холостого хода у солнечных панелей, В.

Общая мощность всех солнечных панелей, Вт.:

$$P_{\text{сбвсех}} = P_{\text{сбтмм}} \cdot N_{\text{сбмодвсех}};$$

Ток, который должен обеспечить солнечный контроллер, А.:

$$I_{\text{контр}} = \frac{P_{\text{сбвсех}}}{U_{\text{ннввх}}} \cdot 1,1;$$

Энергобаланс.

Выработка ВЭУ в сутки с потерей 20%, Вт/сут.:

$$P_{\text{вэуреал}} = \frac{P_{\text{вэусут}}}{1,2};$$

Потребление в сутки с запасом 20%, Вт/сут:

$$P_{\text{потрреал}} = E_{\text{сумсут}} \cdot 1,2;$$

Выработка СЭУ в сутки, с потерей 20%, Вт/сут:

$$P_{\text{сэуреал}} = \frac{P_{\text{сбвсех}}}{1,2};$$

Баланс мощности, Вт/сут:

$$S_{\text{итого}} = (P_{\text{взурвал}} + P_{\text{сзурвал}}) - P_{\text{потрвал}};$$

Если баланс мощности получается отрицательным, то снижаем энергопотребление или увеличиваем генерацию.

Для создания новых эффективных комплексных энергосистем и определения оптимальных режимов их эксплуатации необходимым является последующее развитие научных основ возобновляемой энергетики с применением современной материально-технической базы, методического и информационно-аналитического обеспечения, которое ускорит выполнение научно-исследовательских, проектно-конструкторских и экспериментальных работ с внедрением комплексных энергосистем на основе возобновляемых источников энергии. [3]

Литература:

1. Дайчман, Р.А. Возможности современной ветроэнергетики / Р.А. Дайчман // Актуальные вопросы современной науки. — 2015. — № 4 (8). — с. 11–14.
2. Дайчман, Р.А. Использование ветроэнергетических установок в Российской Федерации / Р.А. Дайчман // Апробация. — 2015. — № 11 (38). — с. 13–15.
3. Дайчман, Р.А. Современная ветроэнергетика в Российской Федерации / Р.А. Дайчман // Научная перспектива. — 2015. — № 11 (69). — с. 98–99.

## Газодинамический анализ поверхностей для определения максимально выгодного места размещения ветроустановки

Дайчман Райнгольд Андреевич, ассистент  
Омский государственный технический университет

*В статье предоставлен газодинамический анализ различных поверхностей при воздействии на них ветровой нагрузки. Определены закономерности, даны рекомендации по размещению ветроустановок.*

**Ключевые слова:** *набегающий поток, газодинамический анализ, ветровое воздействие, ветроустановка*

Вопрос размещения систем альтернативных источников непосредственно на территории прилегающей к объекту электроснабжения является основополагающим в вопросе их экономической эффективности.

В виду того, что данные системы обладают следующими негативными особенностями: это, во-первых, нестабильная по времени и мощности генерация [1,2], во-вторых, наличие высоких потерь непосредственно в системе, а также в устройствах передачи электроэнергии [3–5], в-третьих, необходимость немедленного потребления либо запаса выработанной энергии. [6]

Вследствие перечисленных факторов, появляется необходимость в размещении таких систем как можно ближе к питающему объекту, на что, в свою очередь, накладывает дополнительные ограничения на такие системы, ввиду того, что сам объект потребления будет оказывать негативное депрессивное воздействие на предполагаемую генерацию, ввиду затенения в случае с солнечными установками, создание мертвой безветренной зоны для ветроэнергетических установок.

Решением данных проблем является вопрос о максимально экономически выгодном месте размещения генерирующих мощностей.

На начальном этапе было произведено исследование влияния набегающего потока воздуха на отдельно стоящий объект, для обнаружения снижения скоростей потока за исследуемым объектом, рис. 1.

Скорость набегающего потока принималась равной 11 м/с, направление воздействия изменилось в пределах 360°.

Результаты исследования для плоскости исследованного объема представлены на рис. 2.

Особое снижение скоростей можно зафиксировать на 2,4 h в зоне А, фактор влияния объекта снижается только при достижении 10 h, где за h принимается грань исследуемого объекта.

На основе проведенного исследования можно составить следующие выводы о снижении скоростей, что представлено на рис. 3.

Основным выводом данного исследования является определение зон относительного снижения скоростей набегающего потока в зависимости от геометрических параметров объекта воздействия.

Как правило объекты генерации альтернативной энергии находятся на урбанизированной территории, что ставит перед собой задачу исследования влияния ско-

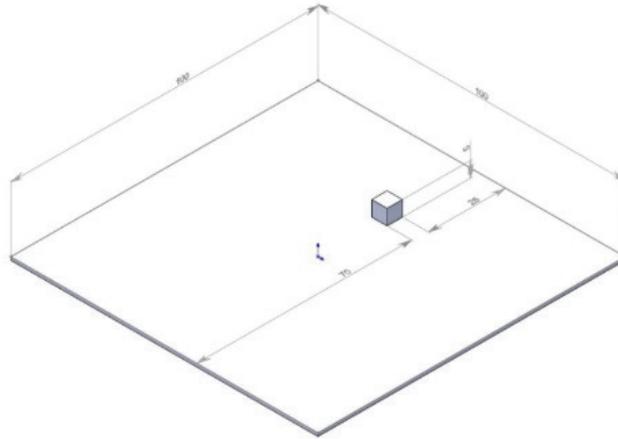


Рис. 1. Исследуемый объект

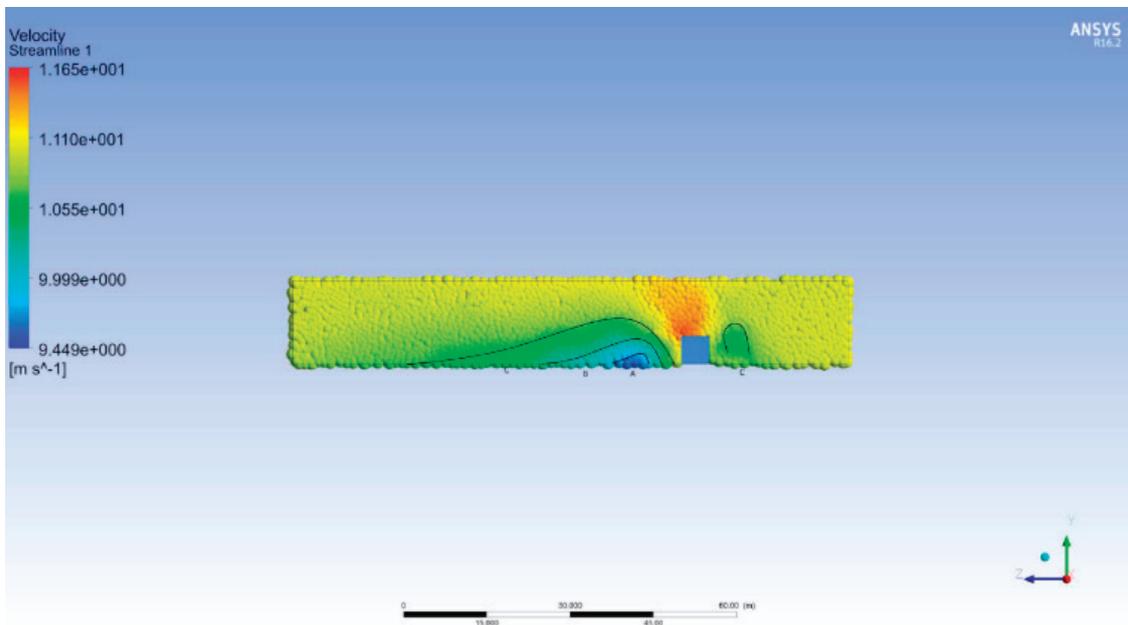


Рис. 2. Градации скоростей набегающего потока

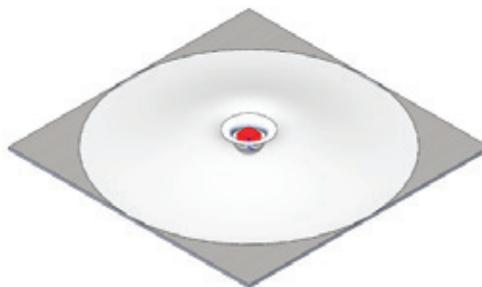


Рис. 3. Аксонометрическое представление зон снижения скоростей потока

пления нескольких объектов на определение оптимальной зоны размещения системы с альтернативными источниками энергии.

Для примера такого исследования взят некий заселенный район, рис. 4.

Оценка влияния взаимного расположения объектов, а также направления набегающего потока представлены на рис. 5–7.

Произведенный анализ указывает, что при воздействии ветровой нагрузки с 4 основных направлений, можно вы-

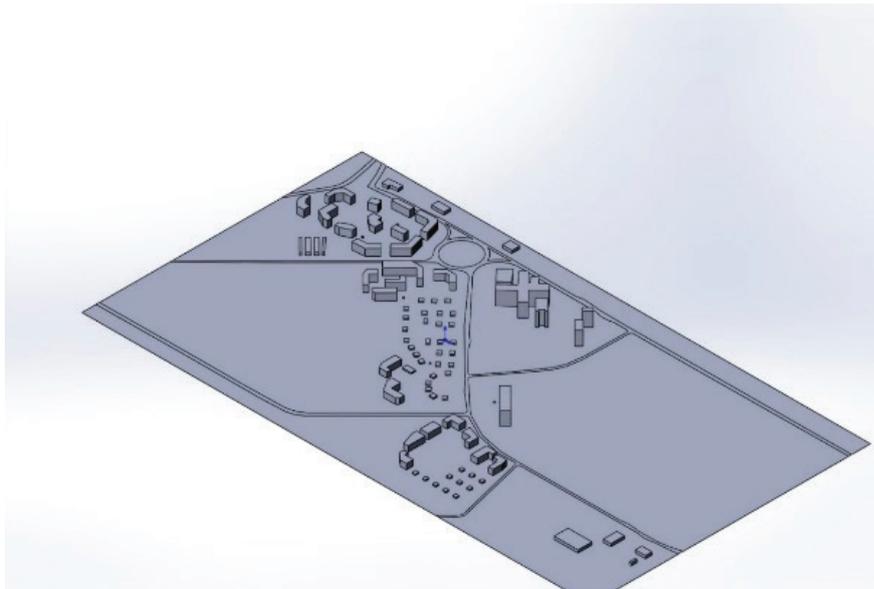


Рис. 4. Урбанизированная территория

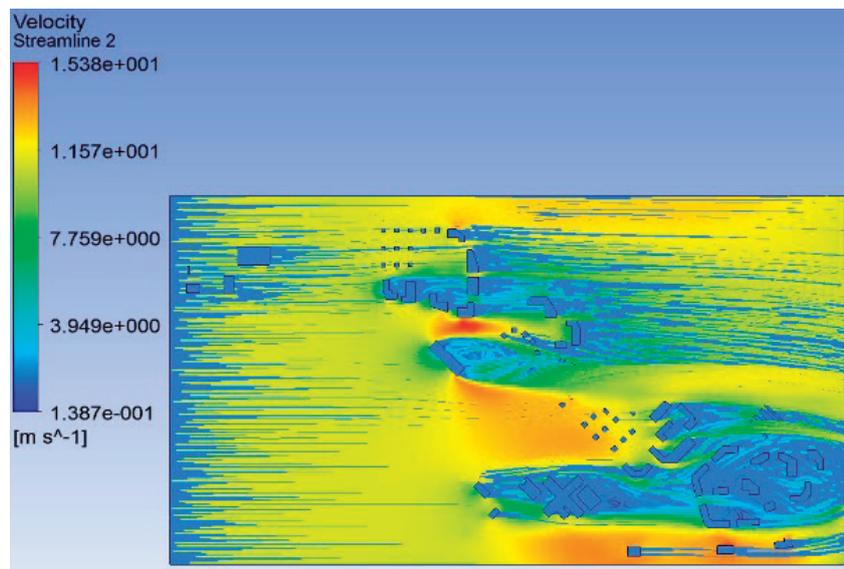


Рис. 5. Воздействие набегающего потока, вид 1

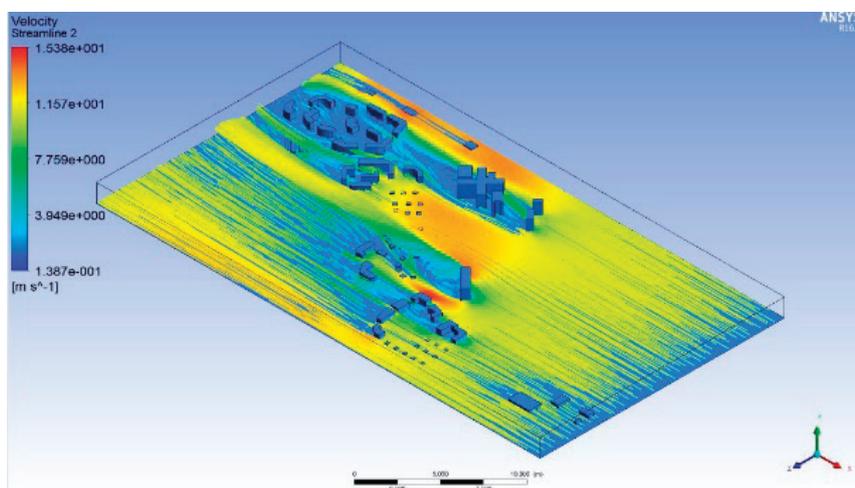


Рис. 6. Воздействие набегающего потока, вид 2

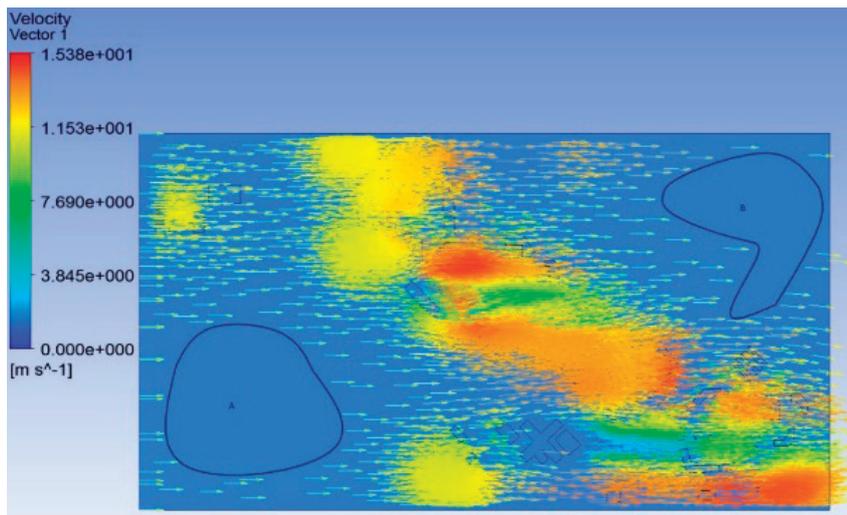


Рис. 7. Воздействие набегающего потока, вид 3

делить две основные зоны А и В, где поток остаётся ламинарным и пистонным в независимости от направления ветрового воздействия. В этих зонах поток защищен от дестабилизации окружающими объектами.

Как следствие можно сделать вывод, что системы альтернативного электроснабжения рекомендуется разме-

щать вдали от высоких зданий и сооружений. Как выше уже было сказано, многие факторы оказывают влияние на выработку электроэнергии автономными альтернативными электростанциями.

Среди таких факторов воздействия можно выделить естественно — природное воздействие рельефа на ве-

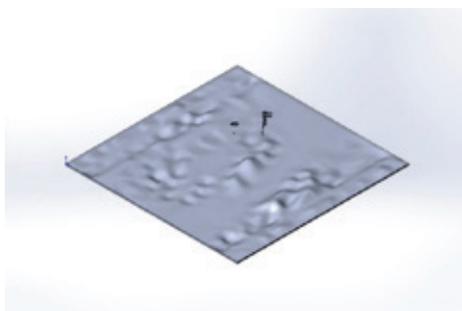


Рис. 8. Аксонометрическая модель исследуемой поверхности

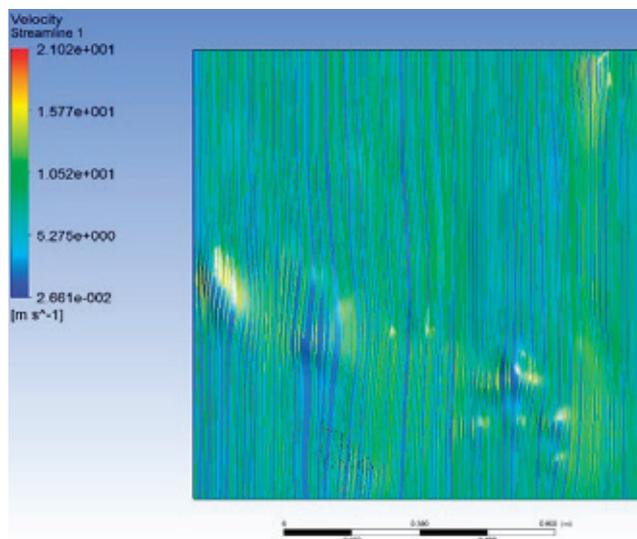


Рис. 9. Общее распространение ветрового потока, вид 1

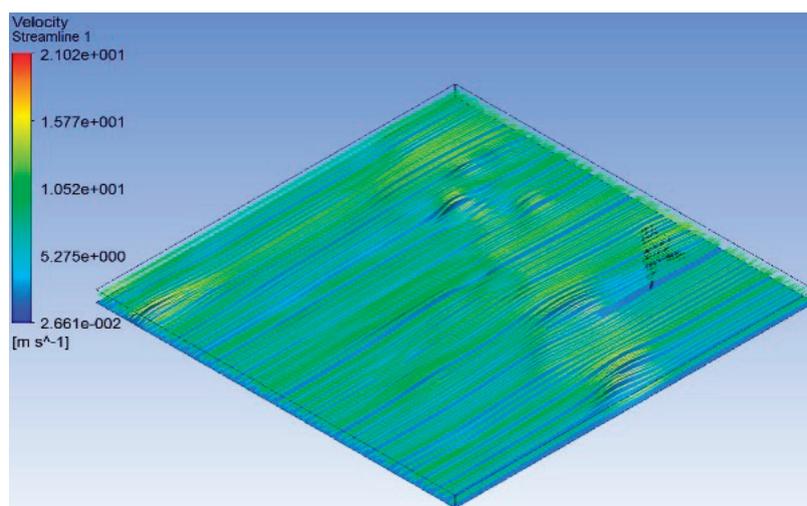


Рис. 10. Общее распространение ветрового, вид 2

тровой поток. Рис. 8 представляет собой рельеф исследуемой области.

Скорость набегающего потока принималась равной 11 м/с. Результаты исследования представлены на рис. 9,10.

В заключении можно сделать вывод, что наиболее благоприятными местами для размещения установок ВЭУ,

а также систем альтернативного электроснабжения являются ровные, открытые поверхности.

Итак, наиболее благоприятными местами для размещения систем альтернативного электроснабжения являются ровные, открытые поверхности, вдали от высоких зданий и сооружений. В этих зонах поток защищен от дестабилизации окружающими объектами.

Литература:

1. Дайчман, Р.А. Климатологические характеристики ветровой энергии / Р.А. Дайчман // Научный обозреватель. — 2015. — № 11 (59). — с. 43–45.
2. Дайчман, Р. А. Факторы, влияющие на выработку электроэнергии ветроустановки / Р.А. Дайчман // Приволжский научный вестник. — 2016. — № 1 (53). — с. 41–44.
3. Дайчман, Р.А. Использование ветроэнергетических установок в Российской Федерации / Р.А. Дайчман // Апробация. — 2015. — № 11 (38). — с. 13–15.
4. Дайчман, Р.А. Эффективность выбора современных ветрогенераторов / Р.А. Дайчман // Апробация. — 2015. — № 12 (39). — с. 24–27.
5. Дайчман, Р.А. Рекомендации по выбору контроллеров заряда аккумуляторных батарей для систем альтернативного электроснабжения / Р.А. Дайчман // Журнал научных и прикладных исследований. — 2015. — № 12. — с. 139–141.
6. Дайчман, Р. А. Рекомендации по выбору инвертора для систем автономного электроснабжения / Р.А. Дайчман // Приволжский научный вестник. — 2016. — № 1 (53). — с. 38–41.

## Коэффициент полезного действия электрохимического генератора

Довыдовский Владимир Александрович, студент;

Картамышева Нина Сергеевна, студент

Шаблыко Наталья Николаевна, аспирант

Научный руководитель: Кучинский Дмитрий Михайлович, доцент

Научный руководитель: Дядик Александр Николаевич, профессор

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

В своей работе «О движущей силе теплоты», посвящённой анализу работы С. Карно, Э. Клапейрон впервые предлагает, хорошо знакомое нам, отношение

полученной в тепловой машине работы к подведённой к рабочему телу теплоте (в работе самого С. Карно этого нет). Это выражение он называет «максимальной дви-

жущей силой», но это есть ни что иное, как термический (термодинамический) коэффициент полезного действия (кпд). Таким образом, можно считать, что первым выражением для определения коэффициента полезного действия предложил Э. Клапейрон в 1834 году. Следует отметить, что терминологически словосочетание «коэффициент полезного действия» окончательно установилось только к 20-м годам XX века, как и обозначение, буквой греческого алфавита — этта ( $\eta$ ). До этого использовались и другие названия, например в частности, коэффициент преобразования (но по смыслу это был кпд) с обозначением буквой  $\beta$ .

В любом устройстве, в котором осуществляется передача энергии, в реальной ситуации будут наблюдаться потери энергии. Это связано с целым рядом причин, с некоторыми из которых справиться невозможно и это надо хорошо понимать. Рассмотрим статичное устройство — трубопровод, в котором происходит движение горячей воды (т.е. передача энергии в форме тепла) от городской ТЭЦ (теплоэлектроцентраль) к потребителям (жилые дома). Нежелательные потери тепла на всём протяжении трубопровода будут связаны с неизбежным теплообменом между теплоносителем (источник с высокой температурой) и окружающей трубопровод почвой (источник с низкой температурой). Эти потери можно только уменьшить, применяя хорошую теплоизоляцию, но полностью исключить невозможно, т.к. абсолютной изоляции не существует.

Говоря о потерях энергии, следует чётко понимать, что энергия на самом деле никуда не теряется, а просто переходит в другой вид энергии, который при достигнутом в настоящее время техническом уровне не удаётся использовать (либо экономически не выгодно, либо технически невозможно). Вот именно такой смысл — невозможность по той или иной причине полезного использования энергии — и заключён в термине «потеря» энергии. После этого пояснения в дальнейшем тексте слово потери не будут записаны курсивом.

В нашем примере, потери энергии — т.е. уменьшение внутренней энергии горячей воды, выражающееся в понижении её температуры на входе в жилой дом — в точности соответствуют увеличению внутренней энергии почвы, что находится в полном соответствии с законом сохранения и превращения энергии. При этом повышение температуры почвы никак полезно использовано быть не может. Исключение составляют случаи, когда почву специально подогревают (например, подогрев футбольного поля или тротуара, для избегания образования льда в холодное время года), но это и не потери уже, так как делается это совершенно сознательно. С некоторыми же потерями можно (и обязательно нужно) бороться: допустим, из-за износа стенки трубопровода произошёл её разрыв и теплоноситель начал уходить в почву; произведя ремонт трубы, можно исключить эту потерю.

Для механизма имеющего движущиеся детали, характерны потери энергии на преодоление сил трения в узлах

соединения этих деталей. В этом случае часть подводимой энергии не теряется (не исчезает), а переходит во внутреннюю энергию движущихся деталей, повышая их температуру, но при этом уменьшается полезная работа (т.е. передача энергии в форме работы) совершаемая механизмом, например работа подшипника. Таким образом, в соответствии с законом сохранения и превращения энергии можно записать:

$$E_1 = E_2 + E_{\text{пот}}, \quad (1)$$

где,  $E_1$  — подводимая энергия;  $E_2$  — полезно используемая энергия;  $E_{\text{пот}}$  — неизбежные потери энергии.

Величина, показывающая, какая часть всей подводимой энергии расходуется в нашем понимании в механизме полезно, называется коэффициентом полезного действия ( $\eta$ ) и рассчитывается по следующей формуле:

$$\eta = \frac{E_2}{E_1} = \frac{E_2}{E_2 + E_{\text{пот}}} \quad (2)$$

Очевидно, что  $E_2 < E_1$ , то и  $\eta < 1$  (значение кпд часто выражается в %, то  $\eta < 100\%$ ).

Таким образом, коэффициент полезного действия характеризует эффективность преобразования энергии в том или ином устройстве или двигателе.

Понятие коэффициента полезного действия применяется не только к тепловым двигателям, но и другим (не тепловым) энергетическим установкам (электро-, гидро-, ветро-, установки и т.п.), а также практически ко всем механическим устройствам (подшипники, насосы, редуктора и т.п.). На рисунке представлены направления подводимой и отводимой энергии для теплового двигателя, работающего по прямому циклу и установки, работающей по обратному циклу (тепловой насос, холодильная машина).

Тепловой двигатель, получает энергию в форме тепла  $Q_1$  от нагревателя (источник с высокой температурой) и передаёт энергию в форме полезной работы  $L$  потребителю, а также энергию в форме тепла  $Q_2$  охладителю (источник с низкой температурой). В соответствии с законом сохранения и превращения энергии можно записать:

$$Q_1 = Q_2 + L \quad (3)$$

Тогда коэффициент полезного действия любого теплового двигателя будет:

$$\eta = \frac{L}{Q_1} \quad (4)$$

Учитывая, что  $Q_2$  представляет собой неизбежную (в соответствии со вторым законом термодинамики) передачу тепла охладителю (в устоявшейся терминологии — потерю), а также в силу закона сохранения и превращения энергии, кпд любого теплового двигателя всегда меньше 1, т.е. невозможно получить полезной работы больше, чем подведено энергии.

Иная ситуация складывается при преобразовании энергии для так называемого обратного теплового дви-

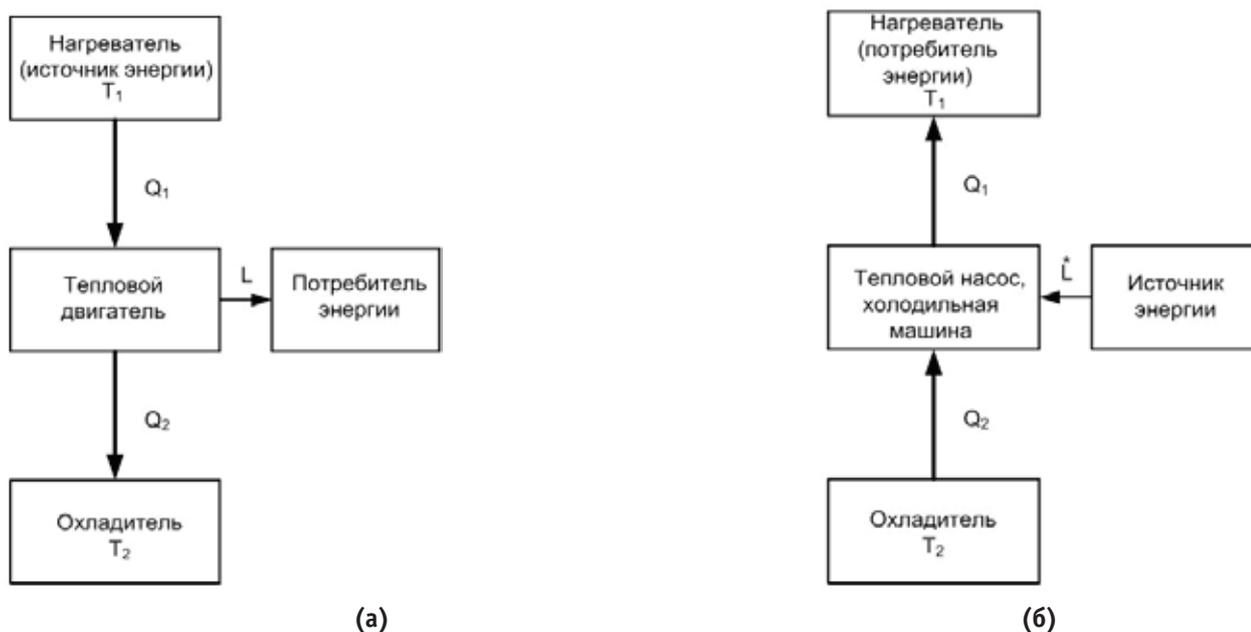


Рис. Схема преобразования энергии: а) в двигателе, работающем по прямому термодинамическому циклу; б) в установке, работающей по обратному термодинамическому циклу

гателя, т.е. такого в котором реализуется обратный термодинамический цикл (тепловой насос, холодильная установка).

С помощью теплового насоса и холодильной установки осуществляется передача энергии в форме тепла от охладителя (источник с низкой температурой) к нагревателю (источник с высокой температурой), но это не самопроизвольный процесс и в соответствии со вторым законом термодинамики, он должен быть компенсирован самопроизвольным процессом, а именно переходом работы в теплоту. Для этого тепловой насос (холодильная установка) должен получить энергию в форме работы от внешнего источника энергии (например, для домашнего холодильника это электродвигатель, который необходимо включить в электросеть, чтобы холодильник заработал). В этом случае в соответствии с законом сохранения и превращения энергии можно записать формулой (3).

В числителе формулы для коэффициента, характеризующего эффективность работы того или иного устройства, располагается величина, характеризующая выполнение главной задачи рассматриваемого устройства, а в знаменателе величина затрачиваемой энергии, необходимой для выполнения этой главной задачи.

Для любого теплового двигателя главной задачей является получение наибольшей полезной работы  $L$ , при сообщении теплоты от внешнего источника энергии (нагреватель) рабочему телу  $Q_1$ , поэтому КПД представляет собой выражение (4).

Для холодильной установки (машины), главной задачей которой является охлаждение чего — либо (т.е. отвод  $Q_2$ ), при неизбежной и постоянной затрате для этого работы от внешнего источника  $L^*$ . Для этих установок (машин), вводится понятие холодильного коэффициента:

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{L^*} \tag{5}$$

Для теплового насоса, главной задачей которого является нагревание чего — либо (т.е. подвод  $Q_1$ ), при неизбежной и постоянной затрате для этого работы от внешнего источника  $L^*$ . Для него, вводится понятие коэффициента преобразования (КОП, аналог англоязычному COP — Coefficient of performance) или коэффициент теплоиспользования или отопительный коэффициент:

$$\xi = \frac{Q_1}{L^*} \tag{6}$$

Следует отметить, что холодильная машина и тепловой насос, работая, не только что-то охлаждают или нагревают (выполняя тем самым свою главную задачу), но и в полном соответствии с законом сохранения и превращения энергии обязательно одновременно и что-то нагревают или охлаждают (нежелательная, но неизбежная функция). Так, например, домашний холодильник, охлаждая находящиеся в нём продукты, нагревает окружающий его воздух, а тепловой насос, нагревая воздух в помещении, охлаждает источник с низкой температурой (воду в колодце, почву или окружающий помещение воздух). Таким образом, и холодильная машина, и тепловой насос, одновременно представляют собой как охладитель (нагреватель), так и нагреватель (охладитель), но своё наименование имеют по названию своей главной задачи.

Учитывая, что по закону сохранения и превращения энергии:

$$Q_1 = Q_2 + L^* \tag{7}$$

или

$$Q_2 = Q_1 - L^* \quad (8)$$

можно записать:

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{L^*} = \frac{Q_1 - L^*}{L^*} = \frac{Q_1}{L^*} - 1 = \xi - 1 \quad (9)$$

$$\xi = \frac{Q_1}{L^*} \quad (10)$$

Холодильный коэффициент  $\varepsilon$  может быть как больше, так и меньше 1, а коэффициент преобразования  $\xi$  всегда больше 1.

Анализируя уравнение (10), можно сказать, что при условии одинакового теплового потока от двух тепловых насосов, более эффективным будет тот, у которого будет меньше затраченная работа. Аналогичный вывод можно сделать и для холодильных установок. Следовательно, большие значения  $\varepsilon$  и  $\xi$  свидетельствуют о большей эффективности этих установок.

Иногда можно встретить запись холодильного коэффициента и коэффициента преобразования энергии через «кпд»:

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{L^*} = \frac{Q_1 - L^*}{L^*} = \frac{Q_1}{L^*} - 1 = \frac{1}{\eta} - 1 \quad (11)$$

$$\xi = \frac{Q_1}{L^*} = \frac{1}{\eta} \quad (12)$$

Такая форма записи (11), (12) не корректна и, следовательно, проанализирована быть не может, т.к. кпд по определению (4) представляет собой отношение полезной работы  $L$  к подведённой теплоте  $Q_1$ , но ни как ни отношение затраченной работы  $L^*$  к подведённой теплоте  $Q_1$ .

Для холодильника отношение теплоты отводимой из холодильной камеры к электроэнергии потребляемой двигателем холодильника (9), будет зависеть от температур в холодильном отделении и окружающей среды, а значит, чисто теоретически может меняться от нуля до бесконечности.

Для тепловых насосов отношение полученной теплоты к затраченной работе (10), тоже зависит от температур в отапливаемом помещении и источника теплоты.

Следует отметить, что и кпд воздухозависимых установок, например ГТУ также зависит от температуры окружающего воздуха. При понижении температуры окружающего воздуха от  $+20^\circ\text{C}$  до  $-20^\circ\text{C}$  (т.е.  $\Delta t = 40^\circ\text{C}$ ) его изменение составляет  $\approx 2\%$ .

Для установок, использующих возобновляемые источники энергии — движение воды в морях и реках, воздушные потоки, геотермальные источники и т.п., понятие кпд, как критерия экономичности, носит весьма условный характер из-за практически неограниченной энергии вышеуказанных источников (разумеется, пока существует планета Земля). Использование кпд для этих установок приобретает скорее смысл критерия, характеризующего

такие параметры установки, как: массогабаритные, ресурсные, стоимостные (изготовление и эксплуатация), экологические и т.п.

Иногда в технической литературе (или в сети Интернет) можно встретить описание той или иной установки, имеющей  $\eta > 1$ . Это однозначно свидетельствует только о том, что при его оценке допущена ошибка при определении подводимой энергии (например, неправильный выбор контрольной поверхности) и, следовательно, был нарушен закон сохранения и превращения энергии, что, разумеется, является ошибкой.

### Коэффициент полезного действия электрохимического генератора

Особо следует рассмотреть вопрос о кпд электрохимического генератора (ЭХГ). Это связано с тем, что в настоящее время уделяется много внимания этой, безусловно, перспективной энергетической установке. Но в некоторых книгах [1, 2], к большому сожалению, говорится о том, что кпд ЭХГ вполне может быть, не только равным 1, но даже быть и больше 1.

В состав ЭХГ входит ряд устройств и систем, и в частности топливный элемент (ТЭ). В ТЭ и происходит непосредственное преобразование химической энергии компонентов реакции в электрическую энергию, что позволяет миновать неизбежные стадии превращения энергии для существующих в настоящее время энергетических установок.

Рассмотрим процесс преобразования энергии, например в газотурбогенераторе (ГТГ), состоящего из газотурбинного двигателя (ГТД) и электрического генератора (ЭГ). Для того, чтобы получить электроэнергию в ГТГ, необходимо в ГТД сообщить химическую энергию органического топлива (в форме теплоты) рабочему телу, получить энергию в форме работы в газовой турбине необходимой для привода электрического генератора и, наконец, получить электроэнергию от генератора. Все эти стадии преобразования энергии, связаны с увеличением внутренней энергии элементов этой цепи механизмов, что отрицательно сказывается на количестве электроэнергии вырабатываемой генератором, а, следовательно, и на кпд такой установки. Очевидно, что в ЭХГ стадий преобразования энергии меньше и, следовательно, его кпд должен быть выше, чем у турбо- или дизель генератора.

Следует обратить особое внимание, что в химической термодинамике принято обратное технической термодинамике правило знаков подвода и отвода теплоты в химических реакциях: экзотермическая реакция, т.е. идущая с выделением тепла. В этом случае теплота  $Q$  отводится от рабочего тела к окружающей среде, и теплота имеет знак «-», т.е.  $Q < 0$ ; эндотермическая реакция, т.е. идущая с подводом тепла из окружающей среды, и теплота  $Q$  имеет знак «+», т.е.  $Q > 0$ . Кроме этого энтальпия обозначается буквой  $H$ .

Отдача тепла в окружающую среду (экзотермическая реакция) характеризуется уменьшением энтальпии  $H$ , и, следовательно,  $\Delta H < 0$ . Этот же процесс характеризуется уменьшением энтропии  $S$ , т.е.  $\Delta S < 0$ . Соответственно для реакций идущих с поглощением тепла из окружающей среды (эндотермические реакции) знаки у  $\Delta H$  и  $\Delta S$  меняются на обратные, т.е.  $\Delta H > 0$  и  $\Delta S > 0$ .

В топливных элементах (ТЭ) ЭХГ как правило реализуется изобарно-изотермический процесс ( $P = \text{const}$ ,  $T = \text{const}$ ) и именно для этого процесса выведена следующая формула для термодинамического КПД  $\eta_t$  ТЭ, учитывающая получение максимально возможной работы [3, 4, 5]

$$\eta_t = \frac{\Delta G}{\Delta H} = 1 - \frac{T - \Delta S}{\Delta H} \quad (13)$$

где  $\Delta G$  — изменение энергии Гиббса (изменение изобарно-изотермического потенциала);  $\Delta H = \Delta Q_p$  — изменение энтальпии реагентов;  $T$  — абсолютная температура реагентов;  $\Delta S$  — изменение энтропии.

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} \quad (14)$$

Для экзотермической реакции при единственно возможном сочетании параметров  $\Delta H < 0$  и  $\Delta S < 0$  (14), из формулы (13) следует, что  $\eta_t < 1$ .

Для эндотермической реакции (единственно возможное сочетание это  $\Delta H > 0$  и  $\Delta S > 0$  (14) также термодинамический КПД  $\eta_t < 1$ .

Следует также отметить, что вывод о том, что КПД ТЭ  $\eta_t = 1$  в адиабатном процессе ( $S = \text{const}$ ,  $\Delta S = 0$ ), сделанный на основании формулы (13) ошибочен.

Напомним, что приведённая формула для КПД, справедлива только для изобарно-изотермического процесса, но ни как не для адиабатного. Тем более, что в ЭХГ, при определённых условиях наблюдается не чисто адиабатный ( $S = \text{const}$ ), а адиабатно-изобарный процесс:

$$Q = 0, \partial Q = 0, S = \text{const}, P = \text{const} \quad (15)$$

Рассмотрим вопрос определения КПД ТЭ в случае реализации в нём обратимого адиабатно-изобарный процесса. Уравнение 1-го закона записанного для химической термодинамики имеет вид:

$$Q = \Delta U + L + L' \quad (16)$$

где  $L'$  — немеханическая полезная работа.

Учитывая, что работа является формой передачи энергии, это следует понимать как превращение химической энергии реагентов (внутренняя энергия) в электроэнергию, что является полезной и главной функцией для ТЭ.

В технической термодинамике рассматривается превращение теплоты только в механическую (т.е. связанную с изменением объёма) работу  $L = P\Delta U$ , что и наблюдается на практике во всех тепловых двигателях, а потому другие возможные виды работ в уравнение 1-го закона записанного для технической термодинамики не включаются, по причине полного отсутствия оных. А вот для ТЭ механиче-

ская работа, как раз, какого-то положительного значения не имеет, т.к. изменение объёма реагирующих веществ в процессе незначительное, и, следовательно, полезно использовано быть не может. Но при этом  $\Delta U > 0$ , и, следовательно,  $L > 0$ . Для осуществления адиабатно-изобарного процесса (15) уравнение (16) будет иметь вид:

$$0 = \Delta U + L + L' \quad (17)$$

Это показывает, что работа в адиабатно-изобарном процессе совершается только за счёт уменьшения внутренней энергии, что можно рассматривать как подводимую энергию:

$$-\Delta U = +L + L' \quad (18)$$

Тогда формула для определения термодинамического КПД ТЭ должна быть записана следующим образом:

$$\eta_t = \frac{L}{L+L'} < 1 \quad (19)$$

Так как  $L + L' > L'$ , из формулы (19) следует, что термодинамический КПД ТЭ и в случае реализации адиабатно-изобарного процесса также будет меньше 1. Уменьшая «неполезную» для ТЭ работу  $L$ , можно увеличивать термодинамический КПД ТЭ. С учётом правила знаков, принятых в химической термодинамике, знаки у значений работ  $L$  и  $L'$  в выражении (18) должны быть обратные указанным, но на окончательном результате (19) это не скажется.

Составляющими процесса превращения химической энергии в электрическую являются [6]:

- диссоциация молекул на атомы;
- ионизация атомов и переход ионов в электролит;
- реакция между ионами на границе электрод-электролит;
- десорбция продуктов реакции в поры электрода или переход их в электролит.

Эти процессы происходят при сообщении реагентам дополнительной энергии, т.е. являются не самопроизвольными процессами.

В соответствии со вторым законом термодинамики, отрицательный (не самопроизвольный) процесс превращения химической энергии в электрическую, компенсируется положительным (т.е. самопроизвольным) процессом передачи тепла от продуктов реакции, имеющих более высокую температуру к окружающей среде.

Встречающееся иногда утверждение, что КПД ЭХГ не имеет принципиальными ограничениями по своему значению, требует небольшого уточнения, а именно: принципиальным ограничением для КПД ЭХГ (как, впрочем, и для любой энергетической установки и не только), является закон сохранения и превращения энергии (первый закон термодинамики) и второй закон термодинамики.

Следовательно, в любой реальной установке, совершающей полезную работу, КПД может быть только меньше 1.

Учитывая, что необходимые преобразования параметров электроэнергии по току и напряжению, происходят

(к сожалению, с неизбежными потерями) в устройствах (инверторах) находящихся вне ТЭ, следует говорить об общем кпд ЭХГ, который может быть представлен в виде:

$$\eta = \eta_i + \eta_t + \eta_U \quad (20)$$

где  $\eta_t$  — термодинамический (термический) кпд;  $\eta_i$  — кпд инвертора по току;  $\eta_U$  — кпд инвертора по напряжению.

Достигнутый уровень общего кпд ЭХГ составляет  $\approx 50 \div 55\%$ , что в настоящее время является очень большим значением для энергетических установок. Ближайшим конкурентом ЭХГ, является энергетическая установка с малооборотным ДВС имеющая эффективный кпд  $\approx 50\%$ .

Но любой установке присущи как достоинства, так и недостатки. И если к достоинствам ЭХГ можно отнести высокую экономичность, то недостатками следует считать:

- относительно высокую стоимость;
- недостаточный ресурс.

Разумеется, этот перечень плюсов и минусов ЭХГ не полон, но хочется надеяться, что по мере развития ЭХГ его недостатки будут преодолены.

Все энергетические установки состоят из большого количества отдельных элементов, имеющих свои значения кпд, поэтому кпд установки в целом характеризует всю цепь преобразований энергии в такой установке. Этот кпд называемый общим и представляет собой произведение кпд отдельных элементов такой установки.

Рассмотрим, например судовую газотурбинную установку, состоящую из непосредственно газотурбинного двигателя, редуктора, валопровода и винта (т.н. пропульсивный комплекс корабля). Составляющими общего кпд являются все элементы комплекса, в которых происходит преобразование энергии:

— Термодинамическое совершенство цикла, характеризуется термическим кпд учитывающим только неизбежную отдачу тепла в окружающую среду (т.е. охладителю), при условии, что цикл состоит из обратимых процессов. В действительности цикл состоит из необратимых процессов и это учитывает действительный кпд цикла  $\eta_d$ . Адиабатный кпд компрессора и внутренний относительный кпд турбин, используются при расчёте кпд действительного цикла.

— Кпд камеры сгорания не учитывается при определении кпд действительного цикла, поэтому его значение должно быть введено отдельно в выражение для общего кпд пропульсивного комплекса. Эффективность подвода тепла (т.е. правильная организация процесса горения) в цикле и качественное образование рабочего тела (подвод вторичного воздуха, получение равномерной температуры продуктов сгорания на выходе из камеры сгорания) характеризует кпд камеры сгорания  $\eta_{КС}$ .

— Валы турбокомпрессорного блока (газовая турбина, приводящая во вращение компрессор) и свободной турбины (другие названия: турбина низкого давления, пропульсивная турбина) вращаются в подшипниках, потери энергии в которых, характеризуются механическим кпд ГТД  $\eta_{Мех}^{ГТД}$ .

— Потери механической энергии непосредственно в зубчатой передаче и подшипниках редуктора характеризует кпд редуктора  $\eta_p$ .

— Потери механической энергии в валопроводе (упорный, опорные и дейдвудный подшипники) характеризуются кпд валопровода  $\eta_{вал}$ .

— Потери механической энергии в движительном комплексе (винт — обводы кормовой оконечности), характеризуются пропульсивным кпд  $\eta_{проп}$ .

Таким образом, для рассматриваемой схемы энергетической установки формула общего кпд пропульсивного комплекса корабля будет иметь следующий вид:

$$\eta_{ПК}^{ГТД} = \eta + \eta_{КС} + \eta_{Мех}^{ГТД} + \eta_p + \eta_{вал} + \eta_{ПРОП} \quad (21)$$

Эта формула будет меняться в зависимости от типа двигателя и сложности выбранной схемы. При рассмотрении схемы, например, ГТД — электрогенератор — винторулевая колонка, формула для общего кпд будет включать другие составляющие [7].

### Заключение

В заключении следует сказать, что при выборе типа энергетической установки далеко не всегда отдаётся предпочтение ЭУ обладающей наивысшим кпд. В зависимости от назначения морского объекта рассматриваются все достоинства и недостатки того или иного типа ЭУ и её экономичность вполне может и не быть на первом месте. Для примера приведём атомную энергетическую установку (АЭУ) подводной лодки (ПЛ). АЭУ в настоящее время имеет самый низкий кпд ( $\approx 20\% \div 21\%$ ) из всех применяемых ЭУ, но таким достоинством АЭУ как воздухонезависимость, не обладает ни одна ЭУ (исключение составляет только ЭУ с ЭХГ, но они пока ещё не вступили в фазу широкого применения). Это позволяет стратегическому подводному ракетноносцу находиться под водой без всплытия на поверхность  $\approx 3 \div 4$  месяца, что обеспечивает ему необходимую скрытность, а это принципиально важно.

Применение АЭУ на ледоколах, связано с такими характеристиками этих установок, как большая мощность и возможность обеспечить длительную автономность плавания. Это позволяет атомным ледоколам преодолевать тяжёлые льды (до 2,5-й м толщиной) и обеспечивает автономность плавания до 7 месяцев, что очень важно для длительной работы в отрыве от мест постоянного базирования (г. Мурманск). И в этом случае эффективность АЭУ не является определяющим фактором. Установки меньшей мощности, использующие обычное органическое топливо, устанавливаются на ледоколах меньшего водоизмещения, и меньшей автономности, но без которых так же невозможно обеспечить регулярное морское судоходство в высоких широтах. Но тогда для этих ледоколов как раз и применяют наиболее экономичные установки — малооборотные двигатели внутреннего сгорания. Более подробно с атомными энергетическими установками можно ознакомиться в [8,9].

Литература:

1. Коровин, Н. В. Электрохимическая энергетика
2. Лидоренко, Н. С., Мучник Г. Ф. Электрохимические генераторы
3. Краснов, К. С., Воробьёв Н. К., Годнев И. Н. и др. Физическая химия
4. Карапетьянц, М. Х. Химическая термодинамика
5. Скорчеллети, В. В. Теоретическая электрохимия
6. Максимов, Ю. И. Новые источники и преобразователи электрической энергии на судах: Учебное пособие
7. Козлов, В. И. Судовые энергетические установки
8. Дядик, А. Н., Сури С. Н. Энергетика атомных судов
9. Ганчев, Б. Г., Калишевский Л. Л., Демешев Р. С. и др. Ядерные энергетические установки: Учеб. пособие для вузов.

## Энергетические установки воздухонезависимых подводных аппаратов

Довыдовский Владимир Александрович, студент;

Рюмин Роман Валерьевич, студент;

Чукарев Алексей Геннадьевич, студент

Научный руководитель: Кучинский Дмитрий Михайлович, доцент

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

В 1923 году Гельмут Вальтер обратил внимание на факт воспламенения топлива в присутствии перекиси водорода. Вальтер разработал энергетическую установку для подводного аппарата на основе парогазотурбинного двигателя, работающий на высококонцентрированной перекиси водорода. Такие установки работали по так называемому «холодному» принципу (Рис. 1).

Перекись хранилась в эластичных мешках вне прочного корпуса подводного аппарата. Насос подавал пере-

кись в камеру разложения, из которой продукты поступали на турбину с температурой 454 град.С. и давлением 3 МПа. Турбина соединялась с редуктором и вращала гребной вал, который подходил к гребному электродвигателю. Смесь после турбины выбрасывалась за борт судна, что приводило к большому выбросу кислорода и появлению пузырьков на поверхности.

В дальнейшем Вальтер стал применять двигатель работающий по «горячему» принципу. В камеру сгорания

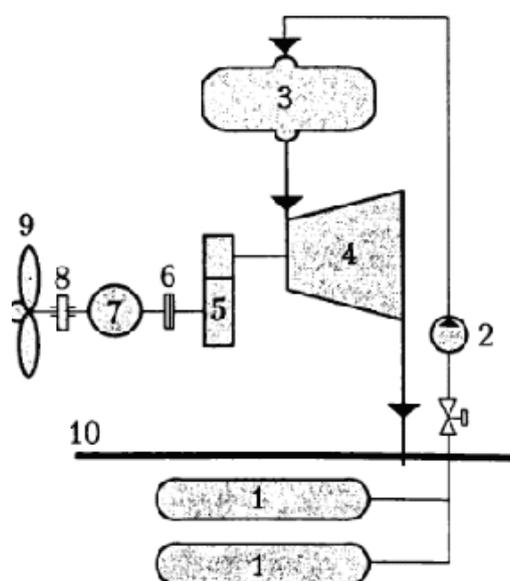


Рис. 1. Схема ВНЭУ работающий на перекиси водорода, по «холодному» принципу: 1 — эластичные мешки, 2 — насос, 3 — камера разложения перекиси, 4 — парогазовая турбина, 5 — редуктор, 6 — разобщительная муфта, 7 — гребной электродвигатель, 8 — главный упорный подшипник, 9 — гребной винт, 10 — прочный корпус ПА

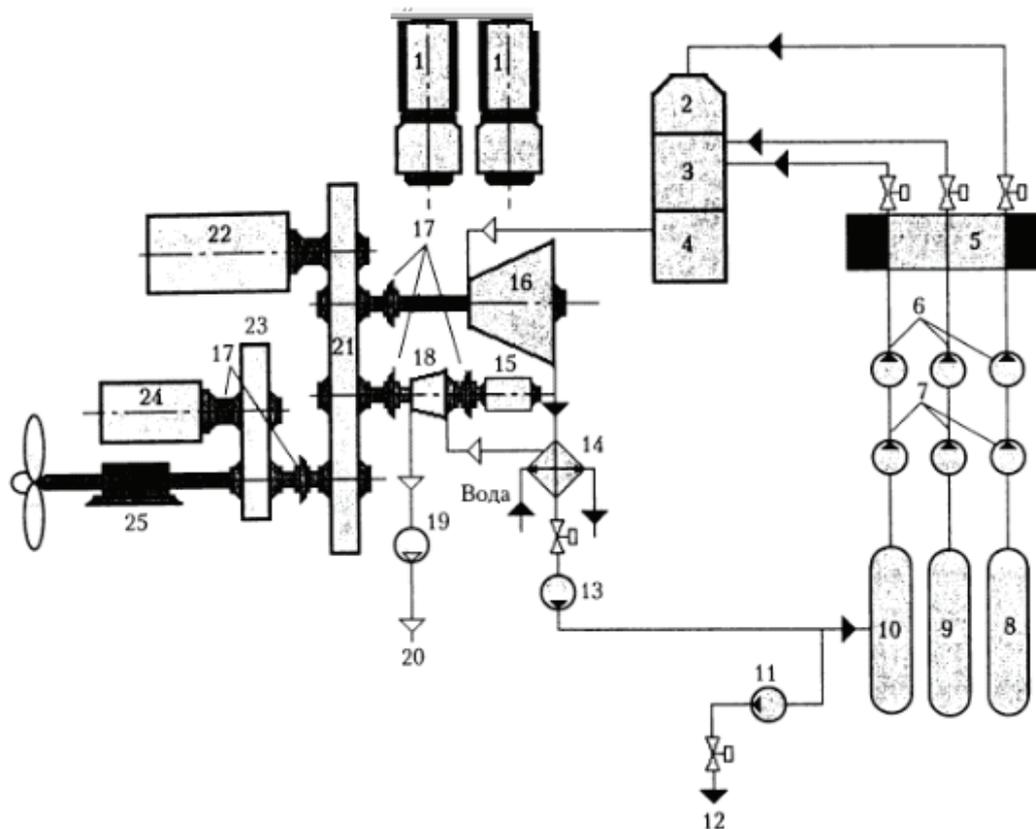


Рис. 2. Принципиальная схема ВНЕУ работающая по «горячему» принципу: 1 — дизель генератор, 2 — камера разложения, 3 — камера сгорания, 4 — сепаратор, 5 — дозирующее устройство, 6 — трехкомпонентный питательный насос, 7 — бустерные насосы, 8 — цистерна ПВ, 9 — цистерна жидкого топлива, 10 — цистерна пресной воды, 11 — насос отвода избыточной воды, 12 — отвод избытка охлаждающей воды за борт, 13 — конденсатный насос, 14 — конденсатор, 15 — электродвигатель, 16 — главная турбина, 17 — разобщительные муфты, 18 — центробежный компрессор выхлопных газов, 19 — поршневой компрессор выхлопных газов, 20 — отвод выхлопных газов за борт, 21 — редуктор, 22 — главный гребной электродвигатель, 23 — приводной ремень, 24 — гребной электродвигатель экономичного хода, 25 — упорный подшипник.

подавалась перекись водорода и углеводородное топливо. В качестве топлива использовали дизельное топливо, которое хранилось в цистерне. (Рис.2)

Также различали и другие воздухоплавательные установки на основе тепловых двигателей. Установки без кислорода РЕДО (регенеративный единый двигатель особого назначения) (Рис.3); ЕД-ВВД (единый двигатель с выхлопом в воду дизельный) (Рис.4); ЕД-ХПИ (единый двигатель с химическим поглотителем известковым).

Установка ИВР (установка на искусственном воздухе с растворением углекислого газа в забортной воде) (рисунок 5). Принцип работы заключается в следующем. Весь поток отработавших газов после холодильника-глушителя и сепаратора поступал в абсорбционную колонку, куда через распыляющие сопла подавалась забортная вода. Происходило интенсивное промывание газа и в результате — растворение углекислоты. Образовавшийся раствор откачивается за борт. Не растворившаяся часть, обычно азот, сепарировалась, затем в нее добавляется кислород и все это подавалось в цилиндры ДВС.

Данные типы установок имеют следующие минусы: сложность конструкции, опасность пожара, увеличение выходной мощности ведет к увеличению установки. Так как данные установки способны работать под водой и находиться автономии, это обеспечивает им место в подводном деле.

Еще одним видом ВНЕУ является двигатель Стирлинга. Данный тепловой двигатель был изобретен Робертом Стирлингом в 1816 году. Газ, используемый в качестве рабочего тела нагревается не в результате сжигания топлива, а в результате нагревания стенок, поэтому после одного цикла рабочее тело не заменяется как в ДВС, а используется повторно. Двигатель Стирлинга является двигателем с внешним подводом теплоты (ДВПТ), что показано в (рис.6).

Идеальный цикл ДВПТ состоит из двух изотерм и двух изохор. В этом цикле теплота отводимая от рабочего тела в изохорном процессе при его охлаждении, не уходит из цикла, а передается рабочему телу в процессе изохорного нагревания, т.е. теплота подводится в цикле только при изотермическом расширении. А отводится только при

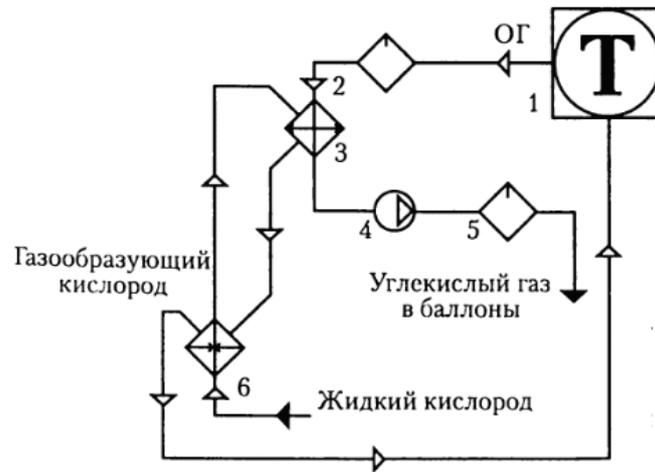


Рис. 3. Принципиальная схема ЭУ с РЕДУ: 1-тепловой двигатель, 2-сепаратор, 3-конденсатор углекислого газа, 4-компрессор, 5-конечный сепаратор, 6-испаритель кислорода

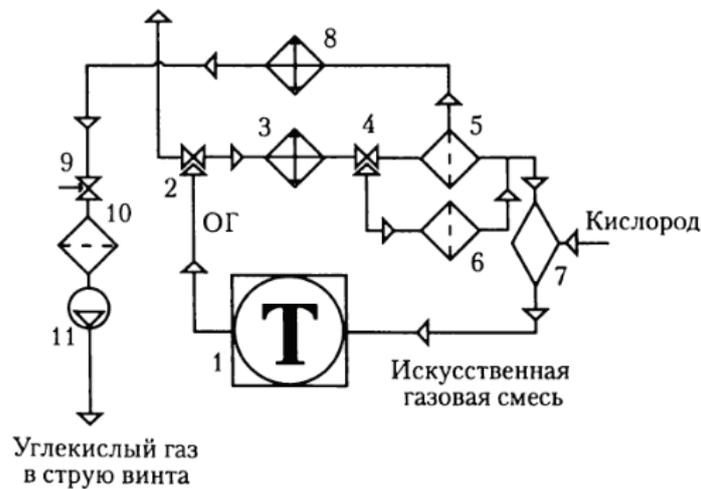


Рис. 4. Принципиальная схема установки ЕД-ВВД: 1 — тепловой двигатель, 2 — двухходовая заплюпка, 3 — главный холодильник, 4 — заплюпка байпаса, 5 — главный фильтр, 6 — фильтр байпаса, 7 — смеситель, 8 — холодильник газоотбора, 9 — регулятор газоотбора, 10 — фильтр газоотбора, 11 — компрессор.

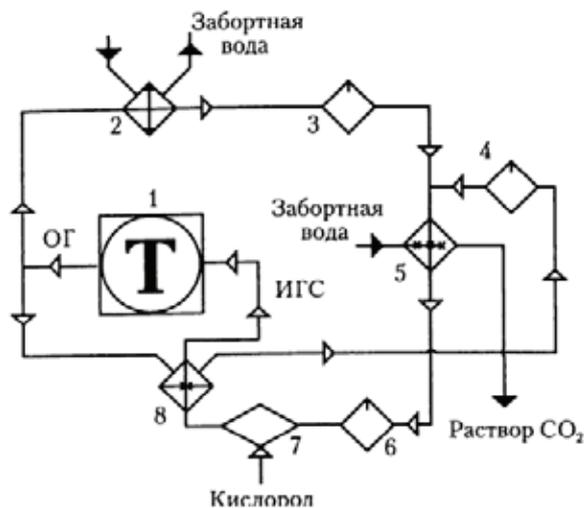


Рис. 5. Принципиальная схема установки ИВР: 1 — тепловой двигатель, 2 — главный холодильник, 3,4, 6 — сепараторы, 5 — абсорбционная колонка, 7 — смеситель, 8 — газоподогреватель.

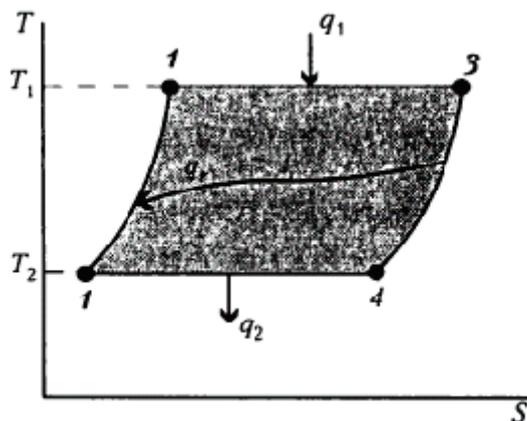


Рис. 6. Идеальный цикл ДВПТ

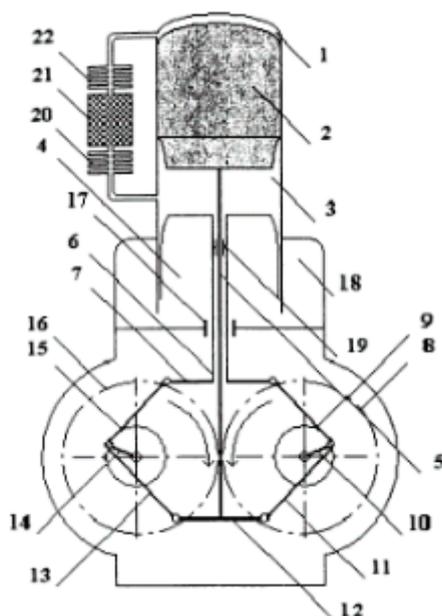


Рис. 7. Принципиальная схема двигателя Стирлинга

изотермическом сжатии. Устройство двигателя Стирлинга представлено на (рис.7).

На рисунке принципиальная схема двигателя Стирлинга поршень 4 посредством штока 6 соединен с траверсой 7. Один из концов траверсы крепится через шатун 9 крепится к кривошипу 10, а другой через шатун 15 — к кривошипу 14.

Вытеснитель 2 по средствам штока 5 соединяется траверсой 12, которая крепится к кривошипам 10 и 14 через шатуны 11 и 13. При одинаковой длине шатунов 9, 11, 13, 15 образуется ромбическая фигура, у которой при движении изменяются только величины углов. В этом случае симметричные колеса обеспечивают симметричную систему приводов. Сальники 17 и 19 способствуют образованию под поршнем 4 замкнутой цилиндрической полости 18, которую называют буферной полостью. 3 холодная полость, 1 горячая полость. Движение поршня-вытеснителя 2 сопровождается перетечкой газа либо из горячей полости 1 по каналам нагревателя 22 через ре-

генератор 22, каналы охладителя 20 в холодную полость, либо в обратном направлении. На подводных аппаратах используют различные схемы работы двигателя на (рис.8) представлена одна из них.

На рисунке 8 представлена одна из возможных функциональных схем систем модуля с ДВПТ применительно к подводному аппарату. ДВПТ приводит в движение ротор электрогенератора, ток поступает на гребной электродвигатель (на схеме не показан). Данный тип установки имеет следующие минусы: так как двигатель Стирлинга — двигатель поверхностного типа, возникают проблемы с поверхностным теплообменом и площадью теплообмена, очень важный минус — это сложность изготовления двигателя, для примера сложности — требуется хорошая отшлифовка камеры для поршня. Однако имеет плюсы: двигатель не привередлив к топливу, отсутствует детонация топлива, что облегчает вес и сложность конструкции, так же это снижает шумность двигателя, что важно для подводных аппаратов.

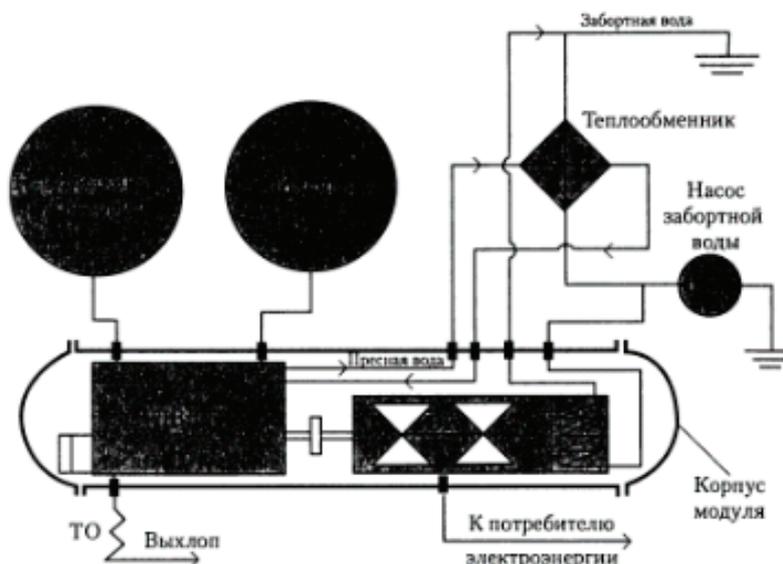


Рис. 8. Схема систем двигателя Стирлинга для подводного аппарата

## Второй закон термодинамики

Довыдовский Владимир Александрович, студент  
 Научный руководитель: Кучинский Дмитрий Михайлович, доцент  
 Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

### § 1. Основные положения и некоторые формулировки второго закона термодинамики

Второй закон термодинамики, как и первый закон (закон сохранения и превращения энергии), является эмпирическим, т.е. основанным на огромном количестве опытов. Становление второго закона связано непосредственно с развитием учения о теплоте.

Впервые правильные соображения о материальной природе теплоты были высказаны М.В. Ломоносовым в его работе «Размышления о причине теплоты и холода» в 1750 г. «Теплота состоит во внутреннем движении материи. Чем больше это движение, тем значительнее будет его действие; отсюда при увеличении теплового движения должна увеличиваться теплота, а при более медленном — уменьшаться...» и «Теплота возбуждается движением. Из этого совершенно очевидно, что имеется достаточное основание теплоты в движении. А так как движение не может происходить без материи, то необходимо, чтобы достаточное основание теплоты заключалось в движении какой-то материи».

К большому сожалению, как это достаточно часто бывает в истории науки, его гениальные идеи были непонятны современникам — они слишком опередили своё время. Подобная история повторится и с основополагающей для термодинамики работой Николая Леонарда Сади Карно «Размышления о движущей силе огня и о ма-

шинах, способных развивать эту силу» [2], изданной в Париже в 1824 г. Основополагающие для термодинамики идеи были сформулированы С. Карно в его работе «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу», изданной в 1824 г. Он писал:

*«... повсюду, где имеется разность температур, может происходить возникновение движущей силы»,* где под движущей силой Карно понимал работу.

*«Движущая сила тепла не зависит от агентов, взятых для её развития; её количество исключительно определяется температурами тел, между которыми, в конечном счёте, производится перенос теплорода»,* напомним, что во время написания книги теория теплорода (вещественная теория тепла) использовалась широко, и не была ещё опровергнута. Тем не менее, С. Карно смог прийти к правильным выводам.

*«Температура газа должна быть первоначально как можно выше, чтобы получить большое падение теплорода и отсюда значительное развитие движущей силы. По той же причине охлаждение должно быть как можно больше».* Падением теплорода С. Карно называет процесс перехода теплоты от более нагретого тела к менее нагретому, и при этом теплород у него даже приобретает размерность — градус.

*«Нельзя надеяться, хотя бы когда-либо практически использовать всю движущую силу топлива... Экономия топлива — это лишь одно из условий, ко-*

торые должны выполнять тепловые машины; при многих обстоятельствах оно второстепенно, оно часто должно уступать первенство надёжности, прочности и долговечности машины, малому занимаемому месту, дешевизне её установки и т. д». Обратите внимание, что это было сказано в 1824 г., а из всех типов тепловых двигателей тогда существовала только паровая машина, но звучит, согласитесь более, чем современно. В своей работе С. Карно фактически предопределил рождение второго закона термодинамики и в неявной форме, но всё же его сформулировал: «Возникновение движущей силы (т.е. совершение работы) обязано в паровых машинах не действительной трате теплорода, а его переходу от горячего тела к холодному».

Исследования Карно были определены практическими вопросами — всё более и более широким становилось применение паровых машин, для которых тогда не существовало вообще каких-либо теоретических разработок. Задача улучшения этих машин требовала изучения происходящих в них процессов, выявления основных факторов определяющих их совершенство и без глубоких теоретических исследований в области теории теплоты сделать это было уже невозможно.

В середине XIX века в работах Р. Клаузиуса «Механическая теория тепла» и В. Томсона «Динамическая теория тепла» второй закон термодинамики приобретает уже знакомый нам вид. Тем не менее, учитывая, что второй закон формулировался, как обобщение огромного количества опытных данных, оставались неясными вопросы, связанные с физическим смыслом закона и границами его применения.

Большой вклад в правильное понимание этого закона внесли Л. Больцман М. Смолуховский, М. Планк и др. Больцман отметил, что равновесное состояние термодинамической системы является наиболее вероятным. В своих работах он дал статистическое толкование второго закона термодинамики и наметил границы его применимости. Таким образом, второй закон термодинамики в отличие от первого закона, не является абсолютным законом, т.е. выдерживающимся всегда и везде, а является статистическим законом, т.е. выдерживающимся с высокой степенью точности для макросистем) и снижающий эту степень по мере уменьшения размеров рассматриваемой системы.

В своих работах М. Смолуховский показал относительность понятий необратимости процессов, а также отметил непрерывный переход от обратимых процессов к необратимым в физических явлениях, на примере броуновского движения. Его исследования установили границы применимости второго закона термодинамики и опровергли утверждение Клаузиуса о не ограниченном (т.е. абсолютном) применении этого закона на все процессы во Вселенной. Клаузиус предположил, что все процессы носят односторонний характер, определяющий непрерывный рост энтропии Вселенной. Исследования Смолуховского

способствовали опровержению распространённой на рубеже XIX—XX веков теории о тепловой смерти Вселенной, вытекающей из утверждения Клаузиуса.

Путилов К. А. ограничивает область приложения второго закона в микромире, так как не считается возможным использовать понятие тепла применительно к отдельным элементарным частицам.

Рассмотренный ранее первый закон термодинамики, представляющий собой частный случай всеобщего закона сохранения и превращения энергии, показывает возможность превращения одной формы передачи энергии (теплоты) в другую форму передачи энергии (работу) и наоборот. Этот закон отрицает возможность построения машины, которая могла бы брать энергию из «ничего», т.е. утверждается невозможность создания вечного двигателя 1-го рода. Первый закон устанавливает количественное равенство между теплотой и работой при их взаимных превращениях в процессах, но не определяет условий, при которых возможны эти превращения. Например, в нём нет ограничения по условию передачи тепла от более нагретого тела к менее нагретому или наоборот. При этом простейшие наблюдения и опыты показывают, что теплота самопроизвольно может переходить только от более нагретых тел к менее нагретым телам. Обратный же процесс возможен только *при условии* соответствующей затраты работы.

Второй закон как раз и формулирует эти условия, оставляя в стороне вопрос о количественных соотношениях между теплотой и работой. Таким образом, первый и второй законы, дополняя друг друга, определяют логическое построение термодинамики как науки и всесторонне характеризуют процессы взаимного превращения теплоты и работы, что и является предметом технической термодинамики.

Формулировок второго закона термодинамики предложено достаточно много (больше двадцати), разумеется, эквивалентных друг другу. В [Путилов К. А. Термодинамика — М.: Наука, 1971, 376 с.] приведён разбор 18 из них. Наиболее известна формулировка, предложенная Освальдом: «Осуществление перпетуум-мобиле (т.е. вечного двигателя) второго рода невозможно». Другими словами, создание двигателя, использующего для своей работы только один источник тепла, невозможно.

В своей работе «Механическая теория тепла» (1850 г.) Р. Клаузиус предложил следующую формулировку второго закона «Переход теплоты от более холодного тела к более тёплому не может иметь места без компенсации». Учитывая, что процессы, не протекающие сами по себе отнюдь не ограничиваются только случаем передачи тепла от холодного тела к нагретому, то в последствии этот постулат был перефразирован и стал формулироваться более широко:

*«Невозможно осуществить отрицательный процесс без его компенсации положительным процессом».*

Именно эта формулировка и будет использована в дальнейшем изложении в связи с наглядностью её при-

менения для рассматриваемых случаев. Второй закон (называемый иногда вторым началом) термодинамики является постулатом, основанным на обобщении многочисленных опытных данных.

Значимость второго закона термодинамики трудно переоценить. Он вскрывает сущность многих процессов и явлений, выходя далеко за рамки термодинамики, и охватывает всё многообразие явлений окружающего нас мира. При этом следует помнить, что история открытия и становления второго закона, связана с изучением именно закономерностей взаимного превращения теплоты и работы.

Применительно к тепловым двигателям первый и второй законы термодинамики закладывают основу для понимания протекающих в них процессов, разработки их теории и проведения научно обоснованных расчётов. Эти законы позволяют выявить основные факторы, от которых зависит эффективность превращения теплоты в работу.

### § 2. Положительные и отрицательные процессы

Р. Клаузиус в своей работе, предложил разделить процессы на две группы:

– *положительные (естественные, самопроизвольные)*, происходящие самопроизвольно (т.е. без всякого вмешательства со стороны) и приближающие систему к равновесию;

– *отрицательные (неестественные, не самопроизвольные)*, которые происходят самостоятельно не могут, и для их осуществления требуется создание специальных условий.

К таким условиям относятся:

1. Подвод энергии от внешнего источника.
2. Наличие технического устройства, например энергетической установки, в которой будет реализовываться отрицательный процесс.

Для протекания отрицательного процесса в живой природе достаточно выполнения одного первого условия, а для технического применения необходимо соблюдение обоих условий.

К положительным процессам Р. Клаузиус относил переход тепла от более нагретого тела к менее нагретому и превращение работы в теплоту. К отрицательным — переход теплоты от холодного тела к горячему и превращение теплоты в работу. Первоначально его предложение касалось только тепловых процессов, но впоследствии оно было развито и на другие области науки.

Важнейшей особенностью отрицательных процессов, принципиально отличающих их от положительных процессов, является невозможность их реализации без сопровождения соответствующим положительным процессом т.е. компенсации.

Некоторые примеры таких процессов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Примеры положительных и отрицательных процессов

Положительные процессы	Отрицательные процессы
Переход тепла от более нагретого тела к менее нагретому телу	Переход тепла от менее нагретого тела к более нагретому телу
Переход работы в теплоту	Переход теплоты в работу
Расширение газа или пара под влиянием разности давлений	Сжатие газа или пара при повышении давления
Взаимная диффузия молекул и атомов (газов, жидкостей, металлов; образование соответствующих соединений) Рекомбинация молекул из атомов	Разделение образовавшихся соединений на исходные компоненты Диссоциация молекул на атомы
Рекомбинация атомов из ионов и электронов	Ионизация атомов
Адсорбция продуктов реакции	Десорбция продуктов реакции

Примеры подобных процессов не ограничиваются только представленными в таблице. Их гораздо больше во всех отраслях науки и техники, а также в окружающем нас мире.

Итак, естественные процессы происходят сами по себе, а неестественные возможны только при сообщении рассматриваемому телу энергии от внешнего источника. При этом следует отметить, что процесс превращения тепла в работу в окружающем нас мире (да и в технике) происходит достаточно часто. В связи с этим не следует считать, что положительный процесс перехода работы в теплоту, это правило, а отрицательный процесс перехода теплоты

в работу это исключение. В окружающем нас мире эти процессы происходят постоянно и повсеместно, а Природа относится к ним одинаково благосклонно. Рассмотрим два примера реализации вышеуказанных процессов.

Допустим, на вашей даче есть пруд, в котором сделан маленький водопад, наверху которого, разумеется, устроен небольшой резервуар для воды. Вода сама будет стекать в пруд (*естественный процесс*, т.к. есть перепад высот). Но если не предпринять дополнительных мер (*т.е. не создать условий, а наверх по склону вода сама по себе не течёт*) через какое-то время вся вода из резервуара самотёком перетечёт в пруд, и водопад своим

радостным журчаньем и искрящимися на Солнце струйками воды больше радовать вас не будет. Для того чтобы ваш водопад действовал, необходимо воду снова подать в резервуар, т.е. осуществить *неестественный процесс*, а именно *увеличить потенциальную энергию* воды. Для это вы скорее всего с помощью электрического насоса (можно конечно и ведром, т.е. используя свою мускульную энергию, но это скучно) превращаете электроэнергию в потенциальную энергию воды в резервуаре. Затрата электроэнергии и есть необходимое условие реализации отрицательного процесса в этом случае, ну и разумеется сама конструкция (водопад, насос, шланги и т.д.).

Второй пример связан непосредственно с процессом перехода теплоты в работу. На поверхности Земли реки, водопады производят постоянно работу, но их движение не останавливается. Этот процесс будет *постоянно* повторяться, только если будет *постоянно* пополняться их потенциальная энергия, а для этого необходим *постоянно* действующий источник энергии (это и есть условие) — Солнце, которое благодаря подводимому к Земле теплу, обеспечивает *постоянный* круговорот воды в природе (процесс циклического перемещения воды в земной биосфере). А если пруд на вашем участке в 10 соток будет ну очень больших размеров, например, как Куйбышевское водохранилище на Волге, то к какому из двух рассмотренных выше примеров его тогда следует отнести? Ответ предполагается самостоятельный.

В зависимости от процесса может происходить изменение термодинамических процессов как одного, так и нескольких тел. Например, при преобразовании *работы в теплоту* процесс может ограничиться изменением термодинамических параметров только тела, которому сообщается теплота (нагревание тела при трении). Но при преобразовании *теплоты в работу* изменением термодинамических параметров одного тела процесс не ограничивается. Такое изменение термодинамического состояния тел, участвующих в процессе и называется компенсацией превращения теплоты в работу. В связи с этим различают компенсации двух видов

1. К компенсациям первого вида относятся такие, при которых наблюдается изменение термодинамических параметров одного тела.

Примером может служить изотермическое расширение идеального газа. В этом процессе внутренняя энергия газа не изменяется, а вся подводимая теплота полностью превращается в работу. Не самопроизвольный процесс превращения теплоты в работу *компенсируется* самопроизвольным процессом увеличения объёма газа (т.е. рабочего тела). Если бы была теперь поставлена задача, получить первоначальный объём, тоже в изотермическом процессе, то необходимо было бы затратить точно такую же работу на сжатие газа, которая было предварительно получена при расширении. При этом было бы получено тоже количество теплоты. Таким образом, в результате прохождения этих двух процессов никакого превращения теплоты в работу не было бы осуществлено. Этот простой

пример имеет значение для понимания компенсации второго вида.

2. К компенсациям второго вида относятся такие, при которых наблюдается изменение термодинамических параметров не одного тела.

Это характерно для тепловых двигателей. Полезная работа в них получается при расширении рабочего тела. Но цикл таких двигателей должен быть замкнут, а это значит, что рабочее тело необходимо вернуть в исходное состояние, т.е. сжать, иначе говоря, затратить работу. Допустим, что процесс расширения происходил изотермически, тогда изотермическим сжатием мы не получим полезной работы (см. выше приведённый пример). Чтобы затратить на сжатие работу меньше, чем была получена при расширении, процесс сжатия необходимо (хотя бы в его части) проводить при температуре меньшей, чем была при расширении. Для этого рабочее тело после завершения процесса расширения, необходимо охладить. В этом случае в состав установки включается специальное устройство, где и происходит процесс охлаждения, т.е. изменяются термодинамические параметры ещё одного тела.

Рассмотрим справедливость второго закона термодинамики на примере тепловой энергетической установки. (непосредственно по этим установкам материал будет рассмотрен ниже, но предполагается, что минимумом соответствующих знаний читатель располагает со школы).

Главной задачей *тепловой энергетической установки* является превращение теплоты в полезную работу, т.е. должен быть реализован отрицательный процесс (рис.1). Такая установка должна включать в себя именно три тела:

1. Источник тепла с высокой температурой — отдающий энергию в форме тепла рабочему телу.

2. Рабочее тело — получающее энергию в форме тепла и отдающее энергию в форме работы потребителю, а также энергию в форме тепла источнику с низкой температурой.

3. Источник тепла с низкой температурой, получающий часть энергии в форме тепла от рабочего тела, как правило, это окружающая среда (вода или атмосферный воздух).

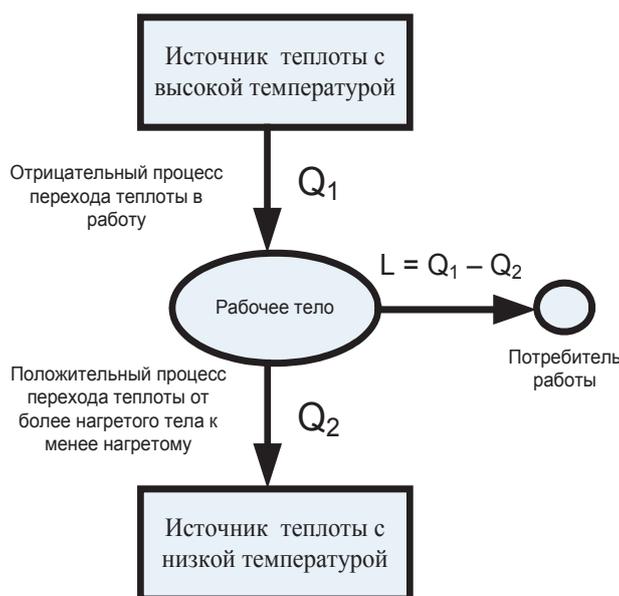
Первый закон термодинамики, допускает следующее равенство (1)

$$Q_1 = L \text{ или } \eta_t = \frac{L}{Q_1} = 1 \quad (1)$$

где,  $\eta_t$  — термический коэффициент полезного действия.

Но тогда из равенства (1) следует, что

$Q_2 = 0$ , а это означает отсутствие компенсации отрицательного процесса, что является нарушением второго закона термодинамики. Поэтому в схему Рисунок 1. Принцип действия установки необходимо добавить третье тепловое энергетическое тело, а именно источник тепла, имеющий установку температуры ниже, чем температура рабочего тела в конце рабочего процесса. Тогда



$$L = Q_1 - Q_2 \text{ и } \eta_t = \frac{L}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} < 1 \quad (2)$$

Неравенство (2) свидетельствует, о невозможности превращения в работу всего тепла, переданного от источника с высокой температурой т.е. получено объяснение формулировке второго закона термодинамики, данное Оствальдом: «Осуществление перпетуум-мобиле (т.е. вечного двигателя) второго рода невозможно».

Если бы можно было выдержать равенство (1), то человечество навсегда могло бы отказаться от использо-

вания любого вида топлива (нефть, дрова и т.п.) необходимого для работы всех энергетических установок во всех странах мира, используя всего лишь практически неограниченную внутреннюю энергию вод Мирового океана. При этом, только через 1700 лет, температура воды в океане понизилась бы на 0,01°C.

История развития техники знает достаточно много примеров попыток создания монотемпературного двигателя. Вероятно, наиболее известная из них — это аммиачный ноль-мотор Гэмджи, которая завершилась, разумеется, неудачей.

Литература:

1. М. В. Ломоносов. Полное собрание сочинений. т. 2., Изд. акад. наук СССР, М-Л, 1951, 726 стр.
2. Второе начало термодинамики/ Под ред. и с предисл. А. К. Тимирязева. — М-Л., ГТТИ, 1934 г. 312 с. или Второе начало термодинамики/Под. ред. и с предисл. А. К. Тимирязева. Изд. Стереотип. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. — 312с.

## Эффективность управления активной системой и административный контроль

Досанов Нурбай Ермаханович, магистр, преподаватель  
Международный казахско-турецкий университет имени Х. А. Яссави (Казахстан)

Жасузакова Мейрамкул Жасузаковна, магистр, старший преподаватель  
Университет «Сырдария» (Казахстан)

**Введение.** Организации охватывают различные сферы деятельности людей в обществе. Механизмы взаимодействия людей через социализацию создают условия и предпосылки развития коммуникабельности, формирования позитивных моральных норм людей в общественных и производственных отношениях [1].

В данной работе рассматривается эвристический подход к формализации процедуры административного

контроля  $A_k$ . Такой подход дает нам возможность глубже понять такие фундаментальные вопросы ТАС как: суть обратной связи в управлении организационными структурами, роль процедуры  $A_k$  при получении информации о выполнении плана активными элементами ( $A_3$ ); оценка управляемости самой организационной системы [2].

**Цель работы.** Найти условие эффективности работы процедуры административного контроля  $A_k$  активной

системы, т.е. условие баланса выполнения плана активной системой при  $A_c: G(\eta) \rightarrow \hat{S}$ .

**Метод решения.** Мы будем понимать под «организацией» *организационную систему* как объединение людей, совместно реализующих некоторую программу или цель действующих на основе определенных процедур и правил. Эту систему определим как *активная*, а людей как *активные элементы* этой системы.

Для начала рассмотрим различия в управлении пассивными и активными системами. Для пассивной (например, технической) системы зависимость  $y=G(\eta)$  является фактически моделью системы — управляемого объекта, отражающего регламент его функционирования [3].

Иначе обстоит дело в активных системах ( $A_c$ ), т.е. системах, в которых управляемые субъекты обладают свойством активности, в том числе — свободой выбора своего состояния. Помимо возможности выбора состояния элементы активной системы ( $A_s$ ) обладают собственными интересами и предпочтениями, осуществляют выбор состояния целенаправленно (в противном случае их поведение можно было бы рассматривать как пассивное). Соответственно, конкретизируется и модель системы  $G(\eta)$ , которая должна учитывать проявления активности управляемых субъектов ( $A_s$ ). Управляющее воздействие  $\eta \in U$  по своей физической природе имеет два компонента: *силу и глубину*. От этих компонентов воздействия и зависит выбор типа управления.

Сила воздействия  $F$  — воздействие, влияющее на состояние объекта управления. Это может быть информационный сигнал, стимул, власть, авторитет, приказ, инструкция, и т. д.

Глубина воздействия  $Q$  — степень влияния воздействия на объект управления. Сочетание силы и глубины воздействия определяет тип управления. Управление — это воздействие, имеющее вид  $U=F \& Q$ . Естественно, на это воздействие обязательно будет реакция управляемого элемента.

Реакции  $A_s$  на управляющие воздействия в нашем случае разделили на четыре группы:

$S$  — сопротивляемость  $A_s$  на управляющие воздействия. Сопротивляемость выражается в нежелании выполнять план.

$I$  — избирательность  $A_s$  на управляющие воздействия. Она выражается в избирательности (предпочтительности) при выполнении плана.

$N$  — неопределенность  $A_s$  на управляющие воздействия. Она выражается в неопределенности или безразличии при выполнении плана.

$AI$  — активность  $A_s$ . Она выражается в большом желании выполнить план.

$\hat{L} = \{S, I, N, AI\}$  — фактически не только определяет  $u \in A$  активной системы, но дает возможность руководителю организации оценить потенциал организации и составить стратегический план [4]. Таким образом модель активной системы выглядит так:

$$G(\eta) = (\eta \rightarrow S) \& (\eta \rightarrow I) \& (\eta \rightarrow N) \& (\eta \rightarrow AI) \quad (2)$$

Если цель центра обозначим как  $\Psi_{Ac}(X, \Omega)$ : где  $X$  — план, который должен выполнить  $A_c$ ,  $\Omega$  — множество

типов  $A_c$  то задача управления к выбору оптимального управления  $\eta = \eta(y) \in U, \eta: A \rightarrow U$ , т.е. допустимое управление, максимизирующее эффективность. Другими словами, необходимо найти, при каких условиях работают процедуры административного контроля  $A_c$

$$\eta^* \in \text{Argmax } K(\eta) = \{ \eta \in U \mid \forall v \in U K(\eta) \geq K(v) \} \quad (3)$$

У центра  $A_c$  существует цель  $\Psi_{Ac}(X, \Omega)$  в виде планов  $X$  и совокупность активных элементов  $A_s$ , выполняющих эти планы. Точно так же существует цель  $A_s \Psi_{As}(x_j, y_i, r_j)$ , где  $x_j \in X, y_i \in A, r_j \in \Omega$ . Из-за разницы (несовпадения цели)  $\Psi_{Ac}(X, \Omega) - \Psi_{As}(x_j, y_i, r_j)$  появляется необходимость в процедуре административного контроля за выполнением  $X$  активными элементами  $A_c$ . Здесь,  $X$  — совокупность планов  $A_c$  которая должна выполнять;  $A$  — совокупность состояний  $A_c$  после воздействий  $U$ ;  $\Omega$  — совокупность типов  $A_s$ . Такое несовпадение выявляется с помощью процедуры административного контроля ( $A_c$ ), т.е.

$$A_c: G(\eta) \rightarrow \hat{S} \quad (4)$$

В многоэлементных  $A_c$  план, назначаемый  $i$ -му  $A_s$  обозначим  $x_i \in X, X$  — множество допустимых планов, сообщение о выполнении плана  $i$ -го  $A_s$  будем обозначать  $s_i \in \hat{S}, i \in I$ . Выполнение плана  $x_i A_s$ -том, в общем случае выявляется на основе сообщения  $s_i$ . Такое сообщение собирается с помощью процедуры административного контроля  $A_c$ .

Будем считать, что центр определяет планы по процедуре планирования  $\pi: \hat{S} \rightarrow X$ , где  $\hat{S} = \prod_{i \in I} S_i$ ,

$X = \prod_{i \in I} x_i$  и план, назначаемый  $i$ -му  $A_s$ , будет

определяться выражением:  $x_i = \pi(S), i \in I; s_i \in S$ .

Для того чтобы определить условие для процедуры  $A_c$  обеспечивающее эффективность управления (3), проанализируем процедуру планирования [5].

План  $X$  состоит из  $\{a_{ij}(x_j)\}$ -частей, здесь  $x_j \in X$  — содержание плана,  $a_i$  —  $i$ -тая часть этого плана. С другой стороны  $X$  должен выполняться к заданному сроку  $t = \{t_1, t_2, t_3, \dots\}$ . Части плана, выполняемого к заданному сроку, выразим как  $a_{ij}^{it}(x_j) \in x_j$ -а, часть плана  $X$ , выполняемого за время  $t_i$  активным элементом  $A_s$ . Таким образом, центром  $A_c$  задается множество планов, элементы активной системы  $A_c$  которого должны выполнять в заданное время  $t$ :

$$X = \{a_{11}^{i1}(X_1), a_{22}^{i2}(X_2), \dots, a_n^{in}(x_n^n)\} \quad (5)$$

здесь  $t = t_1 + t_2 + \dots + t_n$ .

После этого руководители структуры  $A_c$  распределяют по  $A_s$ -там эти планы. При этом руководители структуры  $A_c$  должны четко сформулировать содержание планов  $x_1, x_2, \dots, x_n$  которых активные элементы  $A_s$  должны выполнять в заданный срок следующим образом:

$$x_1^{i1} = b_1 \quad t_1 \text{ время } t_1 = t_1^1 + t_1^2 + \dots + t_1^e$$

$$x_2^{i2} = b_2 t_2 \text{ время } t_2 = t_2^1 + t_2^2 + \dots + t_2^{\text{жс}} \quad (6)$$

$$x_k^{ik} = b_k \quad t_k \text{ время } t_k = t_k^1 + t_k^2 + \dots + t_k^K$$

Здес  $b_k$  — содержание плана  $x_k, x_k \in X, t = t_1 + t_2 + \dots + t_k$  общее время для выполнения работы  $\{b_1, b_2, \dots, b_k\}$ . С другой стороны  $b_k \in B$  работа, являющаяся

содержанием плана  $X$ , делится на части  $b_1 = b_1^1 + b_1^2 + b_1^3 \dots + b_1^n$  и требует определенного промежутка времени  $t_k$  для выполнения этих частей работы  $b_k$ . Таким образом план  $X$  будет функцией,  $B$  и  $t$ , т. е.  $X(B, t)$ .

То, что  $A_3$  будет выполнять план  $x_j$ , который отражается на сообщении  $s_j''$ ,  $X(B, t)$  на сообщении  $\hat{S}$ . Сообщение о том, что элемент  $A_3$  выполнил план  $x_i$  будет отражаться на сообщении  $s_j''$ . Результирующим сообщением  $\hat{S}$  о выполнении плана  $X$  будет:

$$\hat{S} = \sum_{i=1}^n (s_i' + s_i'') \tag{7}$$

Это равенство выражает формирование сообщений, передаваемых центру  $A_c$  через  $A_k$ . Именно функцией процедуры административного контроля  $A_k$ , является недопущение искажения этого сообщения.

Исходя из вышеизложенных соображений процедуру планирования  $\pi: \hat{S} \rightarrow X$  можно представить в виде следующей таблицы:

Таблица 1.. Исхода выше изложенных соображений процедуру планирование

$A_{3_i}$	$X^i$	$b$	$b^1$	$b^2$	$b^3$	$b^n$	$\sum_{i=1}^n b_i^i$	$\hat{S}$
$A_{3_1}$	$x_1^i$	$b_1(t_1)$	$b_1^1(t_1^1)$	$b_1^2(t_1^2)$	$b_1^3(t_1^3)$	$b_1^n(t_1^n)$	$\sum_{m=1}^n b_1^m$	$s_1''$
$A_{3_2}$	$x_2^i$	$b_2(t_1)$	$b_2^1(t_1^1)$	$b_2^2(t_1^2)$	$b_2^3(t_1^3)$	$b_2^n(t_1^n)$	$\sum_{m=1}^n b_2^m$	$s_2''$
$A_{3_k}$	$x_k^i$	$b_k(t_1)$	$b_k^1(t_1^1)$	$b_k^2(t_1^2)$	$b_k^3(t_1^3)$	$b_k^n(t_1^n)$	$\sum_{m=1}^n b_k^m$	$s_z''$
$A_c$	$\sum_{e=1}^k x_k^i$	$\sum_{e=1}^k b_e(t_i)$	$\sum_{e=1}^k b_e^1(t_i^1)$	$\sum_{e=1}^k b_e^2(t_i^2)$	$\sum_{e=1}^k b_e^3(t_i^3)$	$\sum_{e=1}^k b_e^n(t_i^n)$	$X = \sum_{p=1}^k \left( \sum_{e=1}^k b_e^n(t_i^n) \right)_p = \sum_{z=1}^m \left( \sum_{m=1}^n b_k^m \right)_z$	
$S'_1$	$S'_2$	$S'_3$	$S'_4$	$S'_5$	$S'_6$	$S'_e$		$\hat{S} = \sum_{e=1}^n (s_e') = \sum_{z=1}^m (s_z')$

Эта таблица выражает баланс выполнения плана  $X$  активными элементами  $A_3$  организации в заданное время. А условие выполнения плана выражается процедурой:

$$X: \sum_{c=1}^n \left( \sum_{e=1}^k b_e \right)_c \rightarrow \hat{S} \tag{8}$$

Эта процедура показывает, что результаты процедуры  $A_k$  определяют эффективность управления организацией. И это можно выразить следующей теоремой.

**Теорема.** Если план,  $X$  которого  $A_c$  должен выполнить и  $Y$ -выполненная часть этого плана. Тогда процедура выполнения этого плана выглядеть как  $\hat{S}: Y \rightarrow X$ .

**Доказательство.** Чтобы скорректировать план  $X$  центру  $A_c$  нужно неискаженное сообщение  $\hat{S}$ . Если  $\hat{S}$  будет искажаться, то корректировка плана будет необоснованной. Если сообщение искажается, то из таблицы видно, что баланс выполнения плана нарушается, т. е.  $\hat{S} < 1$ , если сообщение выполнения плана не будет искажаться, то баланс выполнения плана не нарушается, т. е.  $\hat{S} = 1$ . На основе (4)  $G(\eta) = 1$ . Из этого следует

$$K(\eta) \rightarrow \max_{\eta \in U}$$

Тем самым ясно видно, что результаты работы процедуры  $A_k$  прямо влияют на эффективность управления организацией.

Таким образом  $Argmax K(\eta)$ , если выполняется условие (8). Процедура  $A_k$  (4) определяет, выполняются ли условия (8). Из этого выходит, что содержание сообщений  $\hat{S}$ , является результатом работы процедуры  $A_k$ , т. е. процедура  $A_k$  сообщает центру организации о неискаженности сообщений  $\hat{S}$ . Тем самым центр узнает о выполнении условия (8) и примет управленческие решения.

**Выводы.** Сегодня повышение эффективности управления организационными структурами при ограниченности ресурсов имеет актуальный характер. С другой стороны, эффективное управление активной системой требует эффективной процедуры  $A_k$ . Так как в процессе управления, без обратной связи, руководитель организации не может принимать оперативно управленческих решений. Поэтому в  $A_c$  будет разумным представлять передачу сообщений  $\hat{S}$  о выполнении плана активным элементом  $A_3$  организации с помощью процедуры административного контроля  $A_k$ . Необходимость этого возникает из-за существования в структурах  $A_c$  и между активными элементами реакции на управляющие воздействия. В этом случае искажение сообщений  $\hat{S}$ , передаваемое центру будет минимальным. За счет этого эффективность управления максимизируется.

Литература:

1. Новиков, Д. А. Теория управления организационными системами. — М.: Издательство физико-математической литературы, 2007. — 584 с.

2. Н. Т. Рустамов, М. Ибраим, Р. Б. Абдрахманов. Закономерности организационных успехов и не удач. — Т.: «Fan va texnologiya» 2009, 200 с.
3. Д. А. Новиков, С. Н. Петраков. Курс теории активных систем. — М.: СИМТЕГ, 1989. — 104 с.
4. Рустамов, Н. Т., Жасузакова М. Ж. Алгоритмический и программный инструментарий стратегического планирования. — Т.: «Fan va texnologiya», 2013, 120 с.
5. Nasim Rustamov and Nurbai Dosanov. Effect of Administrative Control Procedures to Efficiency of Organization Management. International Journal of Mathematical Analysis. Bulgaria. Vol. 9, 2015, no. 11, p. 521–526.

## Модель психического влияния спортсмена на соперника и его измерения

Досанов Нурбай Ермаханович, магистр, преподаватель;  
Уксикбаев Еркебулан Зейнуллаевич, свободный соискатель  
Международный казахско-турецкий университет имени Х. А. Яссави (Казахстан)

Рустамов Ерлан Насимович, свободный соискатель

Пространство спортивной личности имеет сложную структуру и множество измерений. Те события внешнего мира, в которые включена личность и те отношения, которые у нее устанавливаются с объектами внешнего мира, образуют внешнее пространство спортивной личности [1]. Спортсмен — личность, как сознательный объект осознает не только окружающее, но и себя в своих отношениях с окружающим. Проблема изучения психического взаимовлияния спортсменов на соревнованиях не заканчивается на изучении психических свойств личности — ее способностей, темперамента и характера; она завершается раскрытием  $Y_c$  — «Я-концепции», т.е. *самосознания* спортсмена-личности. Чем сильнее  $Y_c$  у спортсмена, тем сильнее его влияние на его окружение.

Всем известно, что психологическое влияние человека на окружение, в котором он существует, во многом определяется потенциалом (возможностями) его психики, сформированной сознательной и не сознательной его деятельностью. Такое влияние осуществляется информационно (содержательно) [2]. С другой стороны, возникает очень интересный вопрос, каким образом происходит такое влияние? Поддается ли измерению такое влияние? В работе [3] предложена математическая модель потенциала психики человека. Там же введены такие понятия, как *сопротивляемость* и *сила психики* человека. Эти характеристики психики индивида формируют психологический потенциал индивида.

**Цель данной работы** — показать, что психическое взаимовлияние спортсменов на соревнованиях поддается измерению.

Метод решения. Из психической сферы спортсмен относит к своему  $Y_c$  преимущественно свои способности и особенно свой характер и темперамент — те свойства личности, которые определяют его поведение, придавая ему своеобразие. Не каждую мысль, посетившую его сознание, спортсмен в равной мере признает своей, а только такую, которую он не принял в готовом виде,

а освоил, продумал, т.е. такую, которая явилась результатом собственной его деятельности. Здесь возникает вопрос: если  $Y_c$  выражает силу психики, то в чем заключается его суть? Содержание силы психики  $Y_c$  — это цель спортсмена. Этапы формирования цели определяет  $Y_c$  — концепцию спортсмена. Если цель определяет  $Y_c$ , значит сила психики зависит от того, какая цель у спортсмена. Целеустремленность выражает ориентированность  $Y_c$  (здесь рассматривается содержательная ориентированность). Поэтому,  $Y_c$  мы будем писать как —  $Y_c(\vec{r})$ . Здесь  $\vec{r}$  выражает содержание Я-концепции. А достижение цели усиливает дополнительно потенциал психики человека. Каждая достигнутая цель (или удача в чем-то) усиливает потенциал психики. Потенциал психики — это содержание ауры.

В работе говорится, что потенциал психики человека оценивается как:

$$U(\vec{r}) = Y_c(\vec{r}) \times (\tilde{C}_e \times \Phi_e) \quad (1)$$

Здесь  $\Phi_e$ ,  $Y_c(\vec{r}) \times$  и  $\tilde{C}_e$  соответственно фантазия, «Я-концепция» и сила воля,  $\vec{r}$  — величина, которая характеризует направленность социума, где формировался потенциал психики спортсмена. Из этой формулы видно, что результат соревнования определяется  $Y_c(\vec{r})$ .

То, что спортсмены оказываются схожи либо отличны друг от друга, зависит от значения  $U(\vec{r})$ . По своей природе  $U(\vec{r})$  индивида имеет *глобальные* и *локальные* свойства [4]. Так как они живут в глобальном и локальном социуме. В этих свойствах и скрыты механизмы психологического взаимовлияния спортсменов между собой, когда они соревнуются.

**Определение 1.** Локальным свойством  $U(\vec{r})$  является такое свойство психики, благодаря которому определяется внутреннее содержание психики спортсмена, необходимая для распознавания величины  $Y_c(\vec{r})$ , причем эта величина выражается в зависимости от конкретной цели спортсмена.

**Определение 2.** Глобальным свойством  $U(\vec{r})$  является такое свойство психики, благодаря которому каждый из спортсменов, отдельно взятый, необходим, а все вместе взятые достаточны, чтобы с их помощью отличить данного спортсмена от всех остальных по той величине  $U(\vec{r})$ , которая выражает содержание психики спортсмена. Распознав эту сторону, можно измерить его силу влияния.

Именно, глобальные и локальные свойства психики спортсмена формируют его поведение на соревнованиях.

Для легкости дальнейшего изложения обозначим сопротивляемость как:

$$1 / \tilde{C}_e \times \Phi_c = T_1 \quad (2)$$

По своему содержанию  $T_1$  выражает «расстояние» психического поля (своеобразная метрика психического поля). Спортсмены, у которых значения  $T_1$  близки, всегда психологически совместимы, поэтому соревнования между ними проходят очень сложно. Введение метрики психического поля дает возможность численно оценить силу психологического взаимодействия. Чем выше сопротивляемость психики, тем выше потенциал психики, тем сильнее влияние.  $T_1$  — выражает степень податливости психики.

Когда формируется психология социума,  $T_1$  имеет большое значение [4].

Перепишем формулу (1) следующим образом

$$Y_c(\vec{r}) = U(\vec{r}) / (\tilde{C}_e \times \Phi_c) = U(\vec{r}) \times T_1 \quad (3)$$

В этом случае «Я-концепция» —  $Y_c(\vec{r})$ , порождает напряженность потенциального поля психики индивида. Такая напряженность определяется содержанием  $Y_c(\vec{r})$ . Напряженность — это сила, с которой аура одного спортсмена действует на ауру другого спортсмена. Следовательно, это свойство психики можно выразить следующим образом:

$$E_p(\vec{r}) = F_p(\vec{r}) / (Y_p(\vec{r}) - Y_c(\vec{r})) \quad (4)$$

Отсюда мы можем определить силу взаимодействия:

$$F_p(\vec{r}) = (Y_p(\vec{r}) - Y_c(\vec{r})) \times E_p(\vec{r}) \quad (5)$$

Здесь  $Y_p(\vec{r})$  — «Я — концепция» соперника, а  $E_p(\vec{r})$  — своеобразный психологический коэффициент, ха-

рактеризующий глобальное свойство психологического поля спортсменов, т.е. выражает психологическую напряженность во время соревнования. Психологическая напряженность  $E_p(\vec{r})$ , умноженная на  $Y_c(\vec{r})$  выражает психологическую силу спортсмена, действующую против психологии другого спортсмена. С этой точки зрения можно оценить силу психологического давления со стороны спортсмена на психологию соперника.

Чтобы численно оценить взаимовлияния в психологическом поле, в первую очередь мы должны тестовым методом определить значения сопротивляемости  $T_1$  и силы  $Y_c(\vec{r})$  психики, создаваемой этим полем. Допустим, что имеется два с потенциалом  $U_1(\vec{r})$  и  $U_2(\vec{r})$ . Чтобы определить, какой спортсмен оказывает большее влияние, находим разность *силы* этих потенциалов:

$$\vec{F}(1,2) = \begin{cases} 1, \text{ если } U_1(\vec{r}) > U_2(\vec{r}) \\ 0, \text{ если } U_1(\vec{r}) = U_2(\vec{r}) \\ -1, \text{ если } U_1(\vec{r}) < U_2(\vec{r}) \end{cases} \quad (6)$$

Если  $\vec{F}(1,2) = 1$ , то первый спортсмен больше влияет на второго, если  $\vec{F}(1,2) = -1$ , то второй спортсмен больше влияет на первого спортсмена, если  $\vec{F}(1,2) = 0$ , то у этих спортсменов потенциальные поля одинаковы и взаимовлияние не дает никакого результата. Формула (6), принятие решения определяет направления взаимовлияния спортсменов во время соревнования.

Выводы. Проблемой моделирования сознания на современном уровне занимаются очень многие ученые. Физическая реальность сознания уже не вызывает сомнения. Интересно понять, как визуальная информация поступает в мозг спортсмена. Что происходит при этом и как проявляется в сознании спортсмена? Если при этом сознание определяется как высшая форма развития информации — творящая информация, то предложенная концепция сразу станет понятна. Более важно спортсмен — это не только и не столько тело. Здесь важнее всего развитие и становление социально ориентированной личности, сознательно стремящейся к поставленной цели [5]. Все это зависит от *глобальных* и *локальных* свойств его психики. Поэтому управлять своим состоянием во время соревнования спортсмен может, ориентируясь на свой психологический потенциал и на психологическую мощь.

Литература:

1. Рустамов, Н. Н., Худияров Г. Б., Рустамов Е. Н. Отбор претендующих на спорт высших достижений. Ташкент: «Fan va texnologiya», 2016, 136 с.
2. Рогов, Е. И. Выбор профессии: Становление профессионала. М.: Изд-во ВЛАДОС — ПРЕСС, 2003. — 336с.: ил. (Азбука психологии). ISBN 5–305–00099–8.
3. Рустамов, Н. Т. Математическая модель потенциала психики человека. Вестник МКТУ им. А. Яссави, № 3, 2012, с. 3–8.
4. Н. Т. Рустамов, А. Кибишов. Эвристическая модель психического влияния человека и его измерения. Вестник МКТУ им. А. Яссави, № 1, 2014, с. 71–77.
5. Рубинштейн, С. Л. Основы общей психологии. — СПб.: Питер, 2003. 720 с.

## Свойства энергетического поля солнечной радиации, теплоступления в помещение от солнечной радиации

Дусяров Акмал Саъдуллаевич, кандидат технических наук, доцент;

Яхшибоев Шухрат Комилович, соискатель;

Ражабов Сардор Илхомович, студент

Каршинский инженерно-экономический институт, (Узбекистан)

Выделим некоторые наиболее важные для гелиотехнических разработок свойства энергетического поля солнечной радиации, создаваемого в окрестностях строительных объектов как на поверхности планеты, так и в окружающем пространстве [1]:

- спектральный состав электромагнитных волн, соответствующий высокотемпературного источника, основная энергия которого переносится в диапазоне от 0,3 до 3,0 мкм;

- анизотропность поля излучения;

- периодичность и изменчивость направления и энергетического уровня потоков радиации во времени и пространстве для большинства вращающихся объектов и систем, например системы «Земля-здание»;

- взаимодействие с облучаемой конструкцией по поверхности облучения и в пределах глубины лучепрозрачного слоя;

- способность поглощаться строительными материалами с выделением теплоты.

Именно эти свойства как будет показано ниже, и определяют специфику гелиотехнического конструирования зданий и солнечных термостатирующих систем для них.

Дадим основных определения, необходимые для дальнейшего рассмотрения вопроса.

Радиация, поступающая к ограждениям облучаемого объекта в виде потока параллельных лучей, исходящих от диска солнца, называется прямой солнечной радиацией  $S$  [2]. Часть радиации, рассеянная атмосферой, поступает к ограждениям зданий и сооружений в виде диффузных потоков от небесного свода и называется рассеянной солнечной радиацией  $D$ . Общее поступление на наружные ограждения прямой, рассеянной и отраженной от окружения ( $D'$ ) радиации в актинометрии называют суммарной радиацией

$$Q = S + D + D'. \quad (1)$$

Часть радиации, взаимодействуя с ограждениями объекта и отражаясь в окружающее пространство, образует отраженную коротковолновую радиацию  $R'$ . Остальная часть суммарной радиации образует поглощенную коротковолновую радиацию, пропорциональную коэффициенту поглощения  $\rho$ . Баланс коротковолновой радиации наружных ограждений может быть представлен в виде.

$$B_K = Q - R' = Q \cdot \rho. \quad (2)$$

Отражательная способность ограждения характеризуется величиной интегрального альбеда поверхность  $A$ , %,

определяемой отношением отраженной к поступающей суммарной радиации:

$$A = (R'/Q) \cdot 100. \quad (3)$$

а коэффициент поглощения коротковолновой радиации коэффициенту тепловой черноты  $\epsilon$ . Остальная часть отражается. Ограждения

$$\rho = 1 - A/100 \quad (4)$$

Наряду с коротковолновой солнечной радиацией к строительному объекту на поверхности планеты, окруженной газовой оболочкой, поступает длинноволновое излучение атмосферы  $E_a$ , называемое в актинометрии также тепловым противоищлучением. [2] Часть длинноволнового теплового противоищлучения атмосферы поглощается ограждением пропорционально строительным объектам, имеющие температуру выше абсолютного нуля, сами излучают в длинноволновом спектре — это так называемое собственное излучение ограждения  $E_0$ . Основную часть (99%) теплового излучения атмосферы и конструкций составляют электромагнитные волны ИК — диапазона длиной от 4 до 40 мкм.

Баланс длинноволнового излучения называется эффективным излучением ограждения  $E_{зф}$ . Актинометрическое определение эффективного излучения не совпадает с трактовкой эффективного излучения в теплотехнике. [2]

Величина, характеризующая приход-расход лучистой энергии в коротковолновом и длинноволновом спектре, представляет собой остаточную радиацию,

$$R_0 = S + D + \epsilon \cdot E_a - R' - E_0 = B_K - E_{зф}. \quad (5)$$

Для жилых зданий учет теплового потока, поступающего в комнаты и кухни в виде бытовых тепловыделений, производится согласно СН и П 2,04,05–86 в количестве 21 Вт на 1 м<sup>2</sup> площади пола, т.е.

$$Q_{\text{быт}} = 21 \cdot F_{\text{п}}. \quad (6)$$

где  $F_{\text{п}}$  — площадь пола рассматриваемого отапливаемого помещения, м<sup>2</sup>.

В общественных, административных и производственных зданиях источниками дополнительных теплоступлений могут быть: люди, искусственное освещение, электрооборудование, технологическое оборудование, нагретые материалы, солнечная радиация и пр. [3]

При расчете мощности отопительной установки учитывают только явные (т.е. излучением и конвекцией) тепловыделения, Вт, которые определяют по формуле

$$Q_{\text{чел}} = \beta_{\text{н}} \cdot \beta_{\text{од}} \cdot (2,5 + 10,3 \cdot \sqrt{v_{\text{в}}}) \cdot (35 - t_{\text{п}}). \quad (7)$$

где  $\beta_{\text{н}}$  — коэффициент, учитывающий интенсивность выполняемой человеком работы, равный для легкой работы 1, средней — 1,07, тяжелой — 1,15;  $\beta_{\text{од}}$  — коэффициент, учитывающий теплозащитный свойства одежды и равный для легкой одежды 1, для обычной одежды — 0,66, для утепленной — 0,5;  $v_{\text{в}}$  — подвижность воздуха в помещении (в жилых и административных зданиях  $v_{\text{в}} \approx 0,1 \dots 0,15$  м/с);  $t_{\text{п}}$  — температура помещения.

При искусственном освещении работающем электрическом производственном оборудовании тепловыделения, Вт, равны

$$Q_{\text{эл}} = k \cdot N_{\text{эл}}. \quad (8)$$

где  $k$  — коэффициент, учитывающий фактически затрачиваемую мощность, одновременность работы электрооборудования, долю перехода электроэнергии в теплоту, которая поступает в помещение (в зависимости от технологического процесса  $k = 0,15 \dots 0,95$ ); для электрических светильников  $k = 0,95$ ;  $N_{\text{эл}}$  — мощность осветительных приборов силового оборудования, Вт.

Поступление теплоты в помещение от нагретых материалов  $Q_{\text{мат}}$ , Вт, и изделий, а также от горячих газов, подающих в помещение, можно подсчитать по формуле

$$Q_{\text{м}} = G_{\text{м}} \cdot c \cdot V (t_{\text{в}} - t_{\text{м}}), \quad (9)$$

если подставлять в нее разность температур ( $t_{\text{м}}$  -  $t_{\text{в}}$ ). [3]

Литература:

1. Селиванов, Н. П. «Энергоактивные солнечные здания». — М.: Знание. (сер. Стр-во и архитектура), 1982, № 2.
2. Кондратьев, К. Я. «Актинометрия». — Л.: Стройиздат, 1965.
3. К. В. Тихомиров, Э. С. Сергеенко «Теплотехника, газоснабжение и вентиляция». Москва Стойиздат 1991 ст. 114

## Построение АФЧХ системы автоматического регулирования в среде Maple

Емельянова Дарья Константиновна, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

**Ключевые слова:** регулирование, управление техническими системами, автоматическое управление, частотные характеристики.

Амплитудно-фазовые частотные характеристики широко используются при анализе устойчивости систем автоматического управления. Строить амплитудно-фазовые частотные характеристики сложных систем довольно трудно, поэтому в данной статье мы рассмотрим построение их при помощи системы компьютерной алгебры Maple.

Построение АФЧХ рассмотрим на примере системы управления бесконтактным моментным двигателем с полезной нагрузкой.

Тепловой поток от нагретых поверхностей работающего технологического оборудования следует принимать по данным технологического проекта, данным тепловых испытаний теплопотребляющего оборудования или подсчитывать, используя законы и формулы теории теплообмена. Основную трудность в последнем случае составляет определение коэффициента теплоотдачи от нагретой поверхности за счет естественной конвекции, который во многих практически важных случаях неизвестен. Поэтому для ориентировочных расчетов теплового потока, Вт, можно использовать формулы: для печей, в которых сжигается твердое, жидкое или газообразное топливо

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{р}}^{\text{н}} \cdot V \cdot a \cdot \eta. \quad (10)$$

для электрических печей

$$Q_{\text{п}} = 1000 \cdot N_{\text{уст}} \cdot a \cdot \eta. \quad (11)$$

где  $Q_{\text{р}}^{\text{н}}$  — низшая теплота сгорания топлива, Дж/кг;  $V$  — расход топлива, кг/с;  $N_{\text{уст}}$  — установочная мощность печей, кВт;  $a$  — доля теплоты от  $Q_{\text{р}}^{\text{н}}$  или  $N_{\text{уст}}$ , выделяющаяся в помещение; для электрических печей  $a = 0,7$ , для других  $a = 0,4 \dots 0,6$ ;  $\eta$  — коэффициент одновременности работы установленных печей (по данным технологического проекта). [3]

При наличии над печами вытяжных зонтов тепловыделения в помещение учитываются с коэффициентом 0,3 от величин, полученных по формулам (9) и (10).

Теплопоступления от солнечной радиации  $Q_{\text{ср}}$ , Вт, учитывают при определении мощности отопительных установок только в районах с преобладанием зимой солнечной погоды для помещений с окнами, обращенными на юг. На практике этот учет осуществляется уменьшением теплопередача отопительных приборов для экономии топлива.

Передаточную функцию системы можно задать или рассчитать. У нас система довольно сложная поэтому её передачную функцию нам рассчитает Maple. Для этого сначала зададим передачные функции регулятора, объекта управления и датчика угла, фиксирующего угловые отклонения.

Передачную функцию объекта присвоим  $W_o$ :

$$> W_o := \frac{6.2 \cdot 10^9 e^{-0.0001 p}}{7.3 \cdot 10^9 p + 1.5 \cdot 10^7 p^3 + (3 \cdot 10^9 (e^{-0.0001 p})^2 + 2.7 \cdot 10^9) p^2};$$

Передачную функцию гироскопического датчика угла присвоим  $W_g$ :

$$> W_g := \frac{\exp(-0.0001357 p) \cdot 1720}{1 + (0.0008 \cdot 0.0008 \cdot 0.0008 \cdot 2 \cdot 0.1) p}; \text{ #Передачная функция гироскопа}$$

Передачную функцию ПИД-регулятора зададим как сумму пропорционального, интегрального и дифференцирующего звеньев, присвоим  $W_r$ :

$$> W_r := 9 + \frac{3}{p} + 0.008 \left( \frac{p}{0.0001 p + 1} \right);$$

Обобщенная структурная схема системы автоматического регулирования имеет вид:

Система замкнута отрицательной обратной связью, значит расчет передачной функции системы должен производиться по следующей формуле:

$$> W_{sis} := \text{collect} \left( \frac{W_g \cdot W_r \cdot W_o}{1 + W_g \cdot W_r \cdot W_o}, p \right);$$

Полученный результат:

$$W_{sis} := \left( 1.075000000 \cdot 10^{13} e^{-0.0001357 p} \left( 9 + \frac{3}{p} + \frac{0.008 p}{0.0001 p + 1} \right) e^{-0.0001020000000 p} \right) / \left( \left( (1 + 1.024 \cdot 10^{-10} p) p (7.291666669 \cdot 10^9 + 1.5120000 \cdot 10^7 p^2 + (3.000000000 \cdot 10^9 (e^{-0.0001020000000 p})^2 + 2.700000000 \cdot 10^9) p) \right) \left( \left( 1.075000000 \cdot 10^{13} e^{-0.0001357 p} e^{-0.0001020000000 p} \left( 9 + \frac{3}{p} + \frac{0.008 p}{0.0001 p + 1} \right) \right) / \left( (1 + 1.024 \cdot 10^{-10} p) p (7.291666669 \cdot 10^9 + 1.5120000 \cdot 10^7 p^2 + (3.000000000 \cdot 10^9 (e^{-0.0001020000000 p})^2 + 2.700000000 \cdot 10^9) p) \right) + 1 \right) \right)$$

Но для построения амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик нам потребуется передачная функция разомкнутой системы, поэтому рассчитаем и её:

$$> W_{raz} := W_g \cdot W_r \cdot W_o;$$

Полученный результат:

$$W_{raz} := \left( 1.075000000 \cdot 10^{13} e^{-0.0001357 p} e^{-0.0001020000000 p} \left( 9 + \frac{3}{p} + \frac{0.008 p}{0.0001 p + 1} \right) \right) / \left( (1 + 1.024 \cdot 10^{-10} p) p (7.291666669 \cdot 10^9 + 1.5120000 \cdot 10^7 p^2 + (3.000000000 \cdot 10^9 (e^{-0.0001020000000 p})^2 + 2.700000000 \cdot 10^9) p) \right)$$

Для построения АФЧХ потребуется выполнить небольшое преобразование, перейдя к комплексным числам. Необходимо в передачной функции системы заменить оператор Лапласа на круговую частоту, умноженную на мнимую единицу. Известно, что круговая частота имеет следующую зависимость от частоты:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f,$$

где  $\omega$  — круговая частота,  $f$  — частота.

Осуществим подстановку:

```
> V1 := subs(p = I·2·Pi·f, Wsis);
```

Команда subs (,) осуществляет подстановку первого элемента в скобках во второй.

Полученный результат:

$$V1 := \left( 1.066400000 \cdot 10^{13} e^{-0.0008526282463 I f} \left( 9 - \frac{3}{2} \frac{I}{\pi f} + \frac{0.05026548246 I f}{0.0006283185308 I f + 1} \right) e^{-0.0006283185308 I f} \right) / \left( (1 + 6.433981755 \cdot 10^{-10} I f) (-3.720753203 \cdot 10^9 I f^3 - 4 (3.000000000 \cdot 10^9 (e^{-0.0006283185308 I f})^2 + 2.700000000 \cdot 10^9) \pi^2 f^2 + 4.586725275 \cdot 10^{10} I f) \right)$$

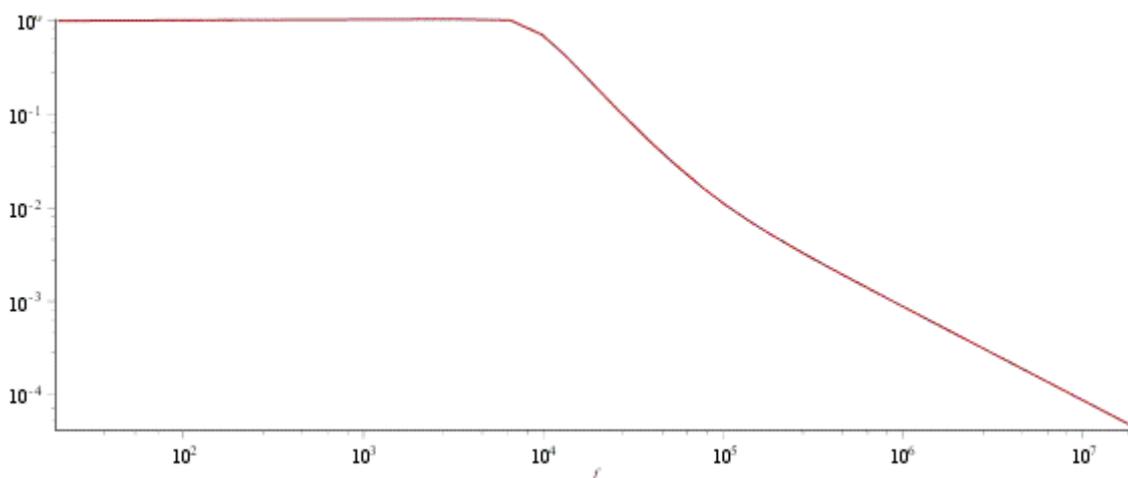
$$\left( \left( 1.066400000 \cdot 10^{13} e^{-0.0008526282463 I f} e^{-0.0006283185308 I f} \left( 9 - \frac{3}{2} \frac{I}{\pi f} + \frac{0.05026548246 I f}{0.0006283185308 I f + 1} \right) \right) / \left( (1 + 6.433981755 \cdot 10^{-10} I f) (4.586725275 \cdot 10^{10} I f - 3.720753203 \cdot 10^9 I f^3 - 4 (3000000000 (e^{-0.0006283185308 I f})^2 + 2.700000000 \cdot 10^9) \pi^2 f^2) + 1 \right) \right)$$

Как известно АЧХ — это модуль комплексной функции. Модуль задается командой abs (.). Команда evalc (.) поможет осуществить переход в комплексный вид.

```
> V7 := evalc(abs(V12)) :
```

Построение графиков осуществляется командой plot (.). Эта команда построит график функции, указанной первой в скобках. Через запятую в скобках необходима указать параметр, по которому строится график и диапазон его значений. АЧХ обычно строятся в логарифмическом масштабе, для этого можно использовать команду loglogplot, либо поставить галочку около опции «Логарифмический масштаб» в опциях графика.

```
> loglogplot(V7, f = 0 .. 10000);
```

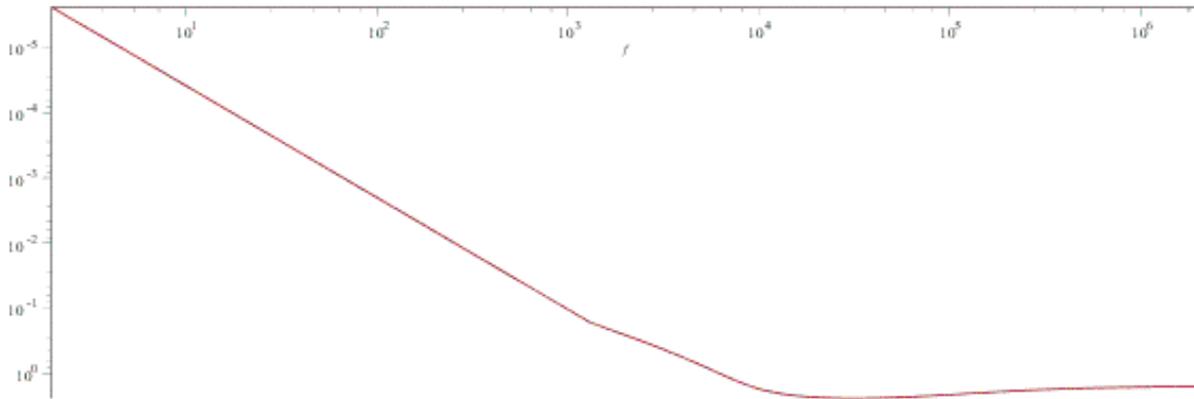


Для построения ФЧХ нужно взять аргумент комплексной функции. Для выделения аргумента используется команда `argument()`. Команда `evalc()` поможет осуществить переход в комплексный вид.

```
> V8 := evalc(argument(V12)) :
```

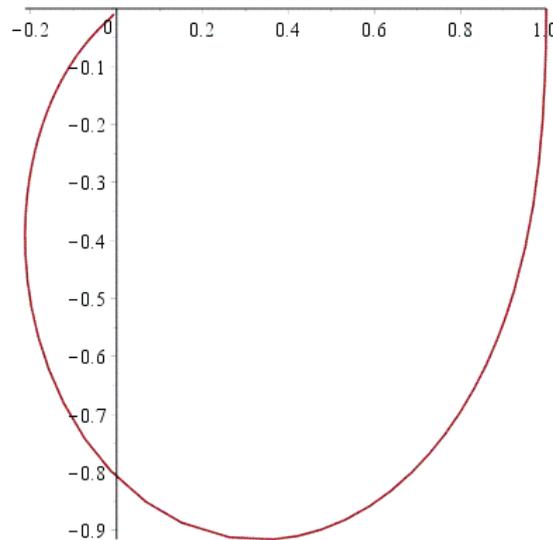
Построим график ФЧХ командой `plot`:

```
> plot(V8, f=0..1000);
```



Для построения годографа Михайлова нам хватит команды `plot`. Только в этом случае необходимо указать, что надо взять мнимую и действительную части комплексной функции. Действительная часть выделяется командой `Re()`, имеющей в скобках функцию, над которой производится операция. Мнимая часть выделяется командой `Im()`, имеющей в скобках функцию, над которой производится операция.

```
> plot([Re(V1), Im(V1), w=0..1000]);
```



Теперь, по построенным характеристикам можно легко судить об устойчивости исследуемой системы автоматического регулирования.

В данной статье мы рассмотрели легкий способ анализа сложных систем автоматического регулирования с помощью системы компьютерной алгебры Maple. Были показаны основные команды и функции, необходимые для успешного построения требуемых графиков и анализа функционирования системы.

Литература:

1. Петраков, Ю. В. Драчев О. И. Теория автоматического управления технологическими системами — Машиностроение, 2009 г.. — 336 с.
2. Дьяконов, В. П. Maple 10/11/12/13/14 в математических расчетах. — ДМК Пресс, 2011. — 800 с.

## Расчет параметров при оценке характеристик комплексированной навигационной аппаратуры, работающей с различными системами координат

Жилинский Владислав Олегович, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

За последние годы количество устройств, которые работают с системами навигации резко возросло, и их становится все больше и больше с каждым днем. Область применения системы навигации действительно обширна — она находит свое приложение в совершенно различных сферах, таких как наука, технологии, экономика, туризм, исследования и наблюдения. А система повышения точности спутниковых сигналов (DGPS) при использовании спутниковой навигации может использоваться везде, где трехмерные геоданные играют особую роль.

Глобальные системы спутниковой навигации уже используются как нечто само собой разумеющееся в стандартной навигации (авиация и мореплавание), и чем дешевле и доступнее становится технология, тем больше появляется областей, в которых их применяют. К ним можно отнести: археологию, геофизику, геологию, картографию, географию, экологию, геодезию, физику, промышленность, тектонику, спутниковый мониторинг транспорта, активный отдых и геттеггинг. Также эта технология успешно используется в аэрокосмических и инженерных исследованиях, научных экспедициях, исследованиях леса и сельского хозяйства.

Наряду со спутниковой системой навигации существуют инерциальные системы навигации, которые имеют схожие области применения, но принципы их работы отличаются. Главной особенностью методов инерциальной навигации является автономность, то есть для того, чтобы определить координаты и параметры движения для инерциальной системы, в отличие от спутниковой, не требуется наличие внешних ориентиров или сигналов, поступающих извне, благодаря чему данные методы получают все более широкое применение.

На этапах тестирования и отладки комплексированной навигационной системы необходимо, чтобы все составляющие системы работали корректно и с большой точностью. Комплексированная навигационная система подвержена влиянию различных факторов, отрицательно влияющих на ее работу, что в конечном итоге отражается на результатах измерений. На этих этапах проводится тщательная проверка всех составных частей для обеспечения корректной работы всей системы.

Сегодня системы спутниковой навигации и инерциальные навигационные системы затрагивают многие аспекты нашей повседневной жизни, но в точных науках существуют задачи, где требуется высокая точность измерений. Так, для ряда задач в геодезии десятисантиметровой точности может быть недостаточно. В частности, при наличии десятисантиметровой ошибки площадь в 600 квадратных метров может измениться на 10 квадратных метров. В военном деле точность определения координат становится принципиальным вопросом, когда речь заходит о высокоманевренных объектах, к примеру, БПЛА или истребителей.

Для достижения требуемой точности измерений необходима организация решения множества мелких задач в режиме реального времени, в круг которых входят: прием и контроль данных информационных массивов первичных и вторичных навигационных параметров по; расчет из результатов измерений линейных ускорений и угловых скоростей по заданным осям объекта, номинального атмосферного давления, соответствующего высоте объекта, координат и векторов ускорений в различных системах координат (WGS-84, ПЗ-90.02, ПЗ-90.11 и другие), геодезических координат (широта, долгота, высота), ортометрической высоты, углов пространственной ориентации (курс, крен, тангаж); а также преобразование геодезических координат в пространственные прямоугольные и преобразование пространственных прямоугольных координат из одной системы в другую.

Для дальнейших расчетов будут использоваться некоторые данные, которые можно получить напрямую из навигационной аппаратуры (например, из сообщений протокола NMEA). К ним можно отнести:

- геодезические координаты,
- ортометрическую высоту,
- углы пространственной ориентации,
- вектор скорости относительно Земли в связанной с объектом геодезической системе координат.

Следующие параметры требуют расчета для обеспечения возможности проведения оценки.

Номинальное атмосферное давление, соответствующее высоте объекта-носителя.

Зависимость давления газа от высоты определяется барометрической формулой:

$$P = P_0 e^{\frac{-\mu g h}{RT}} \quad (1)$$

где  $h$  — разность высот — ортометрическая высота, м,

$\mu$  — молярная масса воздуха, 29 г/моль,

$R$  — универсальная газовая постоянная, 8.31 Дж/(моль\*К),

$G$  — ускорение силы тяжести,  $9.81 \text{ м/с}^2$ ,  
 $T$  — температура воздуха (К),  
 $P_0$  — номинальное давление на исходной высоте (101 325 Па).

Таким образом, если в качестве  $P_0$  принять нормальное атмосферное давление (101 325 Па), то в качестве разности высот  $h$  будет выступать ортометрическая высота.

Координаты в прямоугольной связанной с Землёй системе координат получаем из геодезических координат и ортометрической высоты. Также для расчётов необходимо превышение геоида над референц-эллипсоидом, которое получаем из сообщения GGA протокола NMEA. Система координат, в которой получаем геодезические данные и высоту указана в сообщении DTM протокола NMEA.

Пересчёт геодезических координат в декартовы (координаты в прямоугольной связанной с Землёй системе координат) производится с помощью методов, установленных ГОСТ 51794–2008 «Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек», который распространяется на системы координат, входящие в состав систем геодезических параметров «Параметры Земли», «Мировая геодезическая система» и координатной основы Российской Федерации и устанавливает методы преобразований координат и их приращений из одной системы в другую, а также порядок использования числовых значений элементов трансформирования систем координат при выполнении геодезических, навигационных, картографических работ с использованием аппаратуры потребителей глобальных навигационных спутниковых систем. Элементы трансформирования систем также приведены в ГОСТ 51794–2008 (WGS84 и ПЗ-90.2) и в справочном документе «ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛИ 1990 ГОДА» (ПЗ-90.11).

Преобразование геодезических координат в пространственные прямоугольные, в соответствии с указанными документами, производятся по следующим формулам:

$$\begin{cases} X = (N + H) \cos B \cos L \\ Y = (N + H) \cos B \sin L \\ Z = [(1 - e^2)N + H] \sin B \end{cases} \quad (2)$$

где  $X, Y, Z$  — пространственные прямоугольные координаты точки,  
 $B, L, H$  — геодезические координаты точки,  
 $N$  — радиус кривизны первого вертикала,  
 $e$  — эксцентриситет эллипсоида.

Радиус кривизны первого вертикала и квадрат эксцентриситета эллипсоида вычисляются по формулам:

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}} \quad (3)$$

$$e^2 = 2\alpha - \alpha^2 \quad (4)$$

где  $a$  — большая полуось эллипсоида,  
 $\alpha$  — сжатие эллипсоида.

Углы пространственной ориентации (курс, крен, тангаж) получаем напрямую из информационных сообщений навигационной аппаратуры.

Введем нормальную систему координат  $Ox_g Y_g Z_g$  (по ГОСТ 20058–80), центр которой связан с центром масс объекта, ось  $Ox_g$  направлена на север по касательной к меридиану, ось  $Oz_g$  по касательной к параллели на восток, а ось  $Oy_g$  — вдоль вертикали места вверх. Также введём связанную систему координат  $OXYZ$ , центр которой связан с центром масс объекта, оси связаны с объектом. В таком случае углы курса ( $\varphi$ ), крена ( $\psi$ ) и тангажа ( $\theta$ ) — это углы поворота системы координат  $Ox_g Y_g Z_g$  до системы координат  $OXYZ$ .

Матрицу поворота (матрица направляющих косинусов) из связанной системы координат  $OXYZ$  ( $OBJ$ ) в нормальную систему координат  $Ox_g Y_g Z_g$  ( $NORM$ ) рассчитываем по формуле:

$$C_{OBJ-NORM} = \begin{bmatrix} \cos \varphi \cos \psi \cos \theta - \cos \varphi \sin \psi & -\cos \varphi \sin \psi \cos \theta - \sin \varphi \cos \psi & \cos \varphi \sin \theta \\ \sin \varphi \cos \psi \cos \theta + \cos \varphi \sin \psi & -\sin \varphi \sin \psi \cos \theta + \cos \varphi \cos \psi & \sin \varphi \sin \theta \\ -\cos \psi \sin \theta & \sin \theta \sin \psi & \cos \theta \end{bmatrix} \quad (5)$$

Таким образом, любой вектор  $R_{OBJ}$  в связанной системе координат ( $OBJ$ ) может быть пересчитан в нормальную систему координат ( $NORM$ ) по формуле:

$$\bar{R}_{NORM} = C_{OBJ-NORM} \times \bar{R}_{OBJ} \quad (6)$$

Аналогичным образом рассчитываем матрицу поворота из нормальной системы координат, связанной с объектом, в геоцентрическую систему координат, связанную с Землёй (ECEF), учитывая, что широта и долгота объекта ( $B$  и  $L$ , ге-

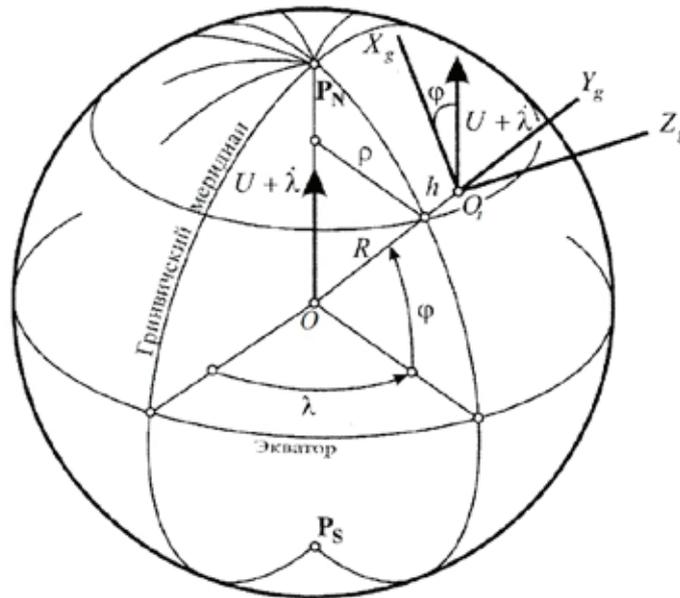


Рис. 1. Системы координат

одезические координаты) — это и есть углы поворота ECEF до нормальной системы координат NORM. Тогда любой вектор  $\bar{R}_{NORM}$  в нормальной системе координат, связанной с объектом (NORM) может быть пересчитан в геоцентрическую систему координат, связанную с Землёй (ECEF) по формуле:

$$\bar{R}_{ECEF} = C_{NORM-ECEF} \times \bar{R}_{NORM} \tag{7}$$

Возможны и обратные преобразования, для этого достаточно определить обратную матрицу поворота по формуле:

$$C^{-1} = C^T \tag{8}$$

Поскольку геодезические координаты могут быть посчитаны в системах координат WGS-84, ПЗ-90.02, ПЗ-90.11, то и матрицы поворота могут быть вычислены для любой из этих геоцентрических систем координат, связанных с Землёй (ECEF). Таким образом, имеется возможность пересчитать вектор в описанных системах координат в любую другую систему координат путём последовательных операций поворота.

Вектор скорости относительно Земли в связанной с объектом-носителем геодезической системе координат (ENU).

Компоненты вектора скорости  $V_E, V_N, V_U$  относительно Земли в связанной с объектом-носителем геодезической системе координат (ENU) получаем напрямую из информационных сообщений навигационной аппаратуры. Система координат ENU — система координат, начало которой связано с центром масс объекта, а оси направлены на север, вертикально вверх и на восток. То есть эта система координат совпадает с нормальной системой координат, связанной с объектом (NORM), которая описана выше. Следовательно, компоненты вектора скорости относительно Земли в связанной с объектом-носителем геодезической системе координат (ENU) — это проекции вектора скорости относительно Земли на оси нормальной системы координат, связанной с объектом (NORM), а вектор выражается формулой:

$$\bar{V}_{ENU} = \bar{V}_{NORM} = \begin{pmatrix} V_E \\ V_N \\ V_U \end{pmatrix} \tag{9}$$

Поскольку система координат ENU совпадает по ориентации с системой координат NORM, то и для поворота системы координат ENU можно применять матрицы поворота, рассчитанные для системы координат NORM.

Вектор скорости в прямоугольной связанной с Землёй системе координат.

Вектор скорости в прямоугольной связанной с Землёй системе координат получаем путём пересчёта вектора скорости относительно Земли в связанной с объектом-носителем геодезической системе координат (ENU) из системы координат, связанной с объектом, в систему координат, связанную с Землёй. Для этого используем матрицу поворота  $C_{NORM-ECEF}$ , рассчитанную выше. Итоговая формула:

$$\bar{V}_{ECEF} = C_{NORM-ECEF} \times \bar{V}_{ENU} \tag{10}$$

Вектор ускорения относительно Земли в связанной с объектом-носителем геодезической системе координат (ENU).

Вектор ускорения относительно Земли в связанной с объектом-носителем геодезической системе координат (ENU) получаем путём дифференцирования вектора скорости относительно Земли в той же системе координат. Формула выглядит следующим образом:

$$\bar{a}_{ENU} = \frac{d\bar{v}_{ENU}}{dt} \quad (11)$$

Вектор ускорения в прямоугольной связанной с Землёй системе координат.

Вектор ускорения в прямоугольной связанной с Землёй системе координат получаем путём пересчёта вектора ускорения относительно Земли в связанной с объектом-носителем геодезической системе координат (ENU) из системы координат, связанной с объектом, в систему координат, связанную с Землёй. Для этого используем матрицу поворота  $C_{NORM-ECEF}$ . Получается следующая формула:

$$\bar{a}_{ECEF} = C_{NORM-ECEF} \times \bar{a}_{ENU} \quad (12)$$

Линейные ускорения по заданным осям объекта-носителя — это компоненты вектора ускорения относительно Земли в связанной системе координат объекта-носителя. Этот вектор определяем по формуле:

$$\bar{a}_{OBJ} = C_{OBJ-NORM} \times \bar{a}_{NORM} \quad (13)$$

где  $\bar{a}_{OBJ}$  — вектор ускорения относительно Земли в связанной с объектом-носителем геодезической системе координат (ENU),

$C_{NORM-ECEF}$  — матрица поворота из геодезической системы координат, связанной с объектом в связанную систему координат объекта.

Угловые скорости по заданным осям объекта-носителя

Угловые скорости по заданным осям объекта-носителя получаем путём дифференцирования углов пространственной ориентации по следующим формулам:

$$\omega_x = \frac{d\psi}{dt}, \quad \omega_y = \frac{d\varphi}{dt}, \quad \omega_z = \frac{d\theta}{dt} \quad (14)$$

Преобразование пространственных прямоугольных координат из системы А в систему Б.

Преобразование выполняется по формуле:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_B = (1 + m) \begin{pmatrix} 1 & +\omega_z & -\omega_y \\ -\omega_z & 1 & +\omega_x \\ +\omega_y & -\omega_x & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_A + \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} \quad (15)$$

В этой формуле приняты следующие обозначения элементов трансформирования:

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  — линейные элементы трансформирования систем координат при переходе из системы А в систему Б, м;  $\omega_x, \omega_y, \omega_z$  — угловые элементы трансформирования систем координат при переходе из системы А в систему Б, рад;  $m$  — масштабный элемент трансформирования систем координат при переходе из системы А в систему Б.

С учетом представленных выше формул общая схема расчета выглядит следующим образом: при получении первичных и вторичных навигационных параметров, определяется системы координат, принятых данных, затем применяются формулы (2), (3), (4) для преобразования геодезических координат в пространственные прямоугольные. При необходимости производится трансформация пространственных прямоугольных координат из системы А в систему Б (15). Затем с использованием формул (5), (6), (7), (8) из геоцентрической системы координат, связанной с Землёй, производится перевод в нормальную систему координат, а из нормальной системы координат — в систему координат, связанную с объектом. Проводятся сопутствующие преобразования скорости и ускорения по формулам (10), (11), (12), (13). Таким образом, в системе координат, связанной с объектом, необходимо иметь данные, касающиеся линейных ускорений (13) и угловых скоростей (14).

В результате работы была исследована работа комплексированной навигационной аппаратуры и выработана общая последовательность преобразований и расчета параметров при ее оценке.

Литература:

1. Яценков, В. С. Основы спутниковой навигации. Системы GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС. — М.: Горячая линия — Телеком, 2005. — 271 с.
2. ГОСТ Р 51794–2008. Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек // Помощь по ГОСТАМ. URL: <http://www.gosthelp.ru/gost/gost48175.html> (дата обращения: 20.04.2016)

3. Богданов, В. С., Кедров В. Д., Тазьба А. М. Особенности построения интегрированных инерциально-спутниковых навигационных систем // Информационно-управляющие системы. — 2005. — № 2. — с. 51–54.

## Использование светодиодных ламп в конструкции автомобиля

Журавлев Алексей Владимирович, студент;

Моисеев Юрий Игоревич, кандидат технических наук, доцент, профессор РАЕ, зав. кафедрой  
Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета

Слаутин Олег Викторович, кандидат технических наук, доцент  
Волгоградский государственный технический университет

*Проведен анализ характеристик источников освещения автомобилей. Определён перечень вопросов, необходимых для широкого внедрения светодиодных ламп в конструкции автомобилей.*

**Ключевые слова:** энергосбережение, светодиодные лампы, освещение автомобиля.

## Use led bulbs in car design

Zhuravlev A. V., Moiseev Y. I., Slautin O. V.

*The analysis of the characteristics of the light sources car. The list of questions required for widespread adoption of led lamps in the design of the car.*

**Keywords:** energy Saving, led lamps, car lighting.

Все большую популярность приобретают автомобильные светодиодные лампы или светодиоды для авто. Они более практичны, как минимум, по двум основным характеристикам: являются энергосберегающими и при этом долговечны. На сегодняшний день можно провести следующий сравнительный анализ источников света используемых в качестве головного освещения (таблица 1).

Применение светодиодных ламп на автомобилях предполагает решение ряда конструкторских и расчётных задач, таких как пятно контакта, яркость, срок службы.

Сравнительные характеристики источников освещения автомобиля

С целью обеспечения и безопасности и долговечности эксплуатации разработан алгоритм расчётов и выбора компоновки по использованию светодиодных ламп в конструкции автомобиля:

1. Назначение места установки.
2. Назначение типа лампы.
3. Выбор разъёма.
4. Назначение условий работы.
5. Подбор лампы из базы данных.
6. Если лампа в базе данных есть перейти к п.8.
7. Расчёт освещённости и количества излучателей.
8. Расчёт токовой нагрузки.
9. Расчёт выделений тепла.
10. Расчёт конвекции.
11. Выбор подложки и корпуса лампы из базы данных.
12. Если корпус в базе данных есть перейти к п.14.
13. Проектирование корпуса лампы.
14. Расчёт стабилизатора.
15. Подбор стабилизатора.
16. Подбор предохранителей.
17. Выбор или проектирование рассеивателя.
18. Пополнение базы данных.

Таблица 1

Показатели	Галогеновые лампы	Ксеноновые лампы	Светодиодные лампы
Яркость света, Лм	1550	1800–3200	до 2000
Цветовая температура, К	3300	4300–8500	до 7000
Срок службы, час	400–1000 часов	2000–3000 часов	50000–10000 часов
Мощность, Вт	55–130	35	до 40
КПД, %	30–60%	93%	95%
Цена, руб	от 80 руб	от 3200 руб	1400–13600

Использование данного алгоритма предполагает наличия расчётных программ и методик, базы данных элементов, создание базы данных принятых проекторочных и конструкторских решений.

Положительные характеристики света является: высокая противоударная прочность, устойчивость к вибрации, отличаются направленностью излучения, которое можно регулировать, работают при низком рабочем напряжении. В наших непростых климатических условиях, где холодная зима сменяется экстремально жарким летом для машины рекомендуется именно светодиодные лампы. Так они превосходно работают и при — 60 и при +60

С. Применение светодиодных ламп, позволяет снизить нагрузку на аккумулятор и генератор автомобиля.

Проблема внедрения светодиодного освещения обусловлена высокой стоимостью плафонов, подвержены влиянию высоких температур, скачкам напряжения в бортовой сети. Внедрению светодиодных ламп препятствует их высокая стоимость, одно из причин этого является проектирование и производство. Импортозамещение, производство элементов на отечественных предприятиях, сборка осветительных приборов непосредственно на заводах изготовителях позволит способствовать широкому использованию светодиодных ламп.

Литература:

1. Battle of the Headlights: Halogen vs. Xenon vs. LED vs. Laser vs. Conversion Kits. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.autoevolution.com/news/battle-of-the-headlights-halogen-vs-xenon-vs-led-26530.html>.
2. High Output LED Headlight Test Sean P. Holman Content Director, Four Wheeler Network. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fourwheeler.com/how-to/electrical/129-1212-high-output-led-headlight-test>.
3. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84908206343&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=use+led+bulbs+in+car+design&st2=&sid=8E6E9CCBDB7D8180F8B283FB614F5AF3.53bsOu7mi7A1NSY7fPJf1g%3a10&sot=b&sdt=b&sl=42&s=TITLE-ABS-KEY%28use+led+bulbs+in+car+design%29&relpos=1&citeCnt=1&searchTerm=>

## Дифференциальное уравнение движения бипланетарного механизма

Закирова Дилором Ахмедовна, старший преподаватель  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Рассмотрим бипланетарный механизм (рисунок). Угловые скорости водила Н сателлита 1, водила h сателлита 4, колес 3 и 4 обозначим  $\dot{\varphi}_H, \dot{\varphi}_h, \dot{\varphi}_3$  и  $\dot{\varphi}_4$ .

$$T = \sum_{i=1}^4 T_i, \quad (1)$$

где

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= \frac{1}{2} J_H \dot{\varphi}_H^2, \\ T_2 &= \frac{1}{2} (J_h \dot{\varphi}_h^2 + m_2 v_2^2), \\ T_3 &= \frac{1}{2} (J_3 \dot{\varphi}_3^2 + m_3 v_3^2), \\ T_4 &= \frac{1}{2} (J_4 \dot{\varphi}_4^2 + m_4 v_2^2 + m_4 v_3^2 + m_4 v_4^2). \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Подставив выражения (2). в (1), получим

$$T = \frac{1}{2} [J_H \dot{\varphi}_H^2 + J_h \dot{\varphi}_h^2 + J_3 \dot{\varphi}_3^2 + J_4 \dot{\varphi}_4^2 + m_2 v_2^2 + m_3 v_2^2 + m_4 v_2^2 + m_4 v_3^2 + m_4 v_4^2]; \quad (3)$$

здесь

$$\left. \begin{aligned} v_2 &= R_H \dot{\varphi}_H, \\ v &= R_h \dot{\varphi}_H, \\ v_4 &= R_h \dot{\varphi}_h; \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} \dot{\varphi}_h &= i_{21} \dot{\varphi}_H, \\ \dot{\varphi}_3 &= i_{31} \dot{\varphi}_H, \\ \dot{\varphi}_4 &= i_{41} \dot{\varphi}_H; \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Подставив значения из (4) и (5), в (3), найдем

$$T = \frac{1}{2} [J_H \dot{\varphi}_H^2 + J_h i_{21}^2 \dot{\varphi}_H^2 + J_3 i_{31}^2 \dot{\varphi}_H^2 + J_4 i_{41}^2 \dot{\varphi}_H^2 + m_2 R_H^2 \dot{\varphi}_H^2 + m_3 R_H^2 \dot{\varphi}_H^2 + m_4 R_H^2 \dot{\varphi}_H^2 + m_4 R_H^2 \dot{\varphi}_H^2 + m_4 R_h^2 \dot{\varphi}_h^2]$$

или

$$T = \frac{1}{2} [J_H + i_{21}^2 J_h + i_{31}^2 J_3 + i_{41}^2 J_4 + (m_2 + m_3 + 2m_4) R_H^2 + i_{21}^2 m_4 R_h^2] \dot{\varphi}_H^2.$$

Введем обозначение

$$[J_H + i_{21}^2 J_h + i_{31}^2 J_3 + i_{41}^2 J_4 + (m_2 + m_3 + 2m_4) R_H^2 + i_{21}^2 m_4 R_h^2] = A.$$

тогда значение  $T$  будет равно

$$T = \frac{1}{2} A \dot{\varphi}_H^2. \quad (6)$$

Для определения дифференциального уравнения движения бипланетарного механизма воспользуемся уравнением Лагранжа второго рода.

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_H} - \frac{\partial T}{\partial \varphi_H} = Q_{\varphi_H}. \quad (7)$$

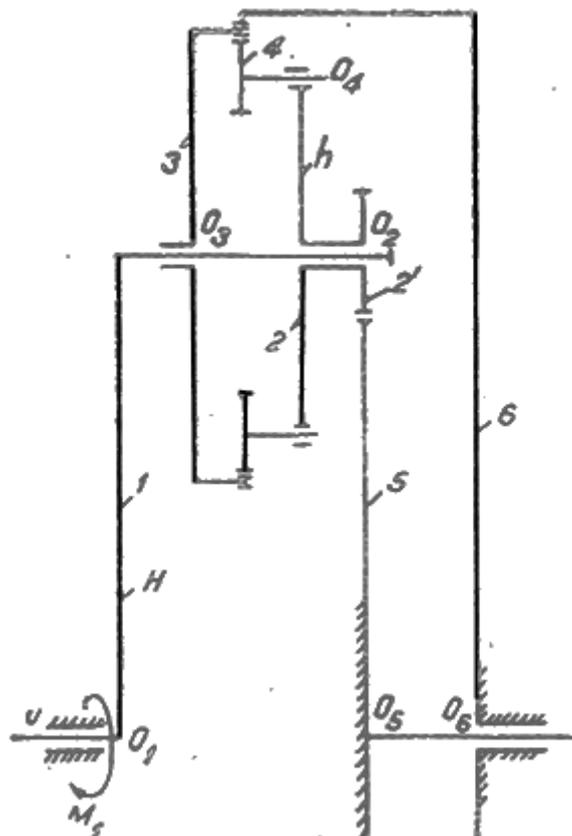


Рис. 1. Кинематическая схема бипланетарного механизма: 1 — водило  $H$ ; 2 — водило  $h$ ; 3,4 — сателлиты; 5, 6 — неподвижные центральные колеса

Теперь найдем производные, входящие в уравнение (7):

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_H} = A \ddot{\varphi}_H, \quad \frac{\partial T}{\partial \varphi} = 0, \quad (8)$$

откуда

$$Q_{\varphi_H} = A \ddot{\varphi}_H. \quad (9)$$

Для определения обобщенной силы  $Q_{\varphi_H}$  вычислим элементарную работу активных сил и моментов.

Механизм расположен в горизонтальной плоскости и, значит, работа сил тяжести его звеньев равна нулю. Поэтому элементарная работа имеет вид:

$$\delta A^* = M_1 \delta \varphi_H + M_2 \delta \varphi_h - M_3 \delta \varphi_3 - M_4 \delta \varphi_4, \quad (10)$$

где

$$\delta \varphi_h = i_{21} \delta \varphi_H, \quad \delta \varphi_3 = i_{31} \delta \varphi_H, \quad \delta \varphi_4 = i_{41} \delta \varphi_H. \quad (11)$$

Подставив (11) в (10), запишем

$$\delta A^* = M_1 \delta \varphi_H + M_2 i_{21} \delta \varphi_H - M_3 i_{31} \delta \varphi_H - M_4 i_{41} \delta \varphi_H$$

или

$$\delta A^* = (M_1 + M_2 i_{21} - M_3 i_{31} - M_4 i_{41}) \delta \varphi_H.$$

Выражение в скобках есть обобщенная сила  $Q_{\varphi_H}$

$$Q_{\varphi_H} = M_1 + M_2 i_{21} - M_3 i_{31} - M_4 i_{41}, \quad (12)$$

где

$$M_1 = J_H \dot{\varphi}_H^2, \quad M_2 = J_h i_{21}^2 \dot{\varphi}_H^2, \quad M_3 = J_3 i_{31}^2 \dot{\varphi}_H^2, \quad M_4 = J_4 i_{41}^2 \dot{\varphi}_H^2. \quad (13)$$

Используя значения (13) в (12), получим выражение

$$Q_{\varphi_H} = (J_H + J_h i_{21}^2 - J_3 i_{31}^2 - J_4 i_{41}^2) \dot{\varphi}_H^2.$$

Введем обозначение

$$J_H + J_h i_{21}^2 - J_3 i_{31}^2 - J_4 i_{41}^2 = B \quad (14)$$

и, подставив значения обобщенной силы в (9), найдем

$$A \ddot{\varphi}_H - B \dot{\varphi}_H^2 = 0. \quad (15)$$

Это уравнение является дифференциальным уравнением бипланетарного механизма, только без технологических сопротивлений.

## Конструктивные решения железобетонных промышленных газоотводящих труб

Зулкарнеев Гафур Сулпанович, магистрант;  
Мелентьев Алексей Сергеевич, магистрант;  
Гафиятуллина Наиля Мударисовна, магистрант  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

*При анализе данных литературных источников были рассмотрены основные конструктивные элементы ствола железобетонной промышленной дымовой трубы.*

*Ключевые слова: промышленные дымовые трубы, промышленные газоотводящие трубы, железобетон, сборные и монолитные дымовые трубы, футеровки, многоствольные дымовые трубы.*

На сегодняшний день актуальным является вопрос реконструкции существующих и возведение новых сооружений для промышленных предприятий. Одними

из наиболее сложных с точки зрения проектирования и возведения являются промышленные дымовые трубы. В России действующий парк промышленных газоотво-

дящих труб исчисляется десятками тысяч единиц, сооруженных в разное время по различным проектам. Для грамотного технического облуживания нужно иметь представление о конструкции сооружения в целом и отдельных узлов в частности.

Промышленные (дымовые и вентиляционные) трубы представляют собой самостоятельную отрасль строительного производства, требующую обширных знаний и серьезного производственного опыта, так как каждая промышленная дымовая труба является сложным инженерным сооружением, представляющая повышенную опасность.

Промышленные трубы являются сложными, дорогостоящими инженерными сооружениями, от технической грамотной эксплуатации которых зависит бесперебойность работы промышленных объектов.

В настоящей работе рассматриваются, преимущественно, конструктивные решения монолитных железобетонных дымовых труб.

### Что такое дымовая труба?

Дымовая труба — это вертикально расположенное устройство, которое служит для отвода продуктов сгорания в верхние слои в атмосферы. Принцип действия основан на эффекте тяги, который обеспечивает перемещение газов по всей длине ствола от входного к выпускному отверстию трубы. Ствол трубы имеет форму по горизонтали круглое, овальное или многоугольное, а по вертикали — форму цилиндра, усеченного конуса и изготавливаются из негорючих материалов (природного камня, кирпича, керамики, асбоцемента, металла или бетона). Высотой промышленные трубы могут достигать нескольких сотен метров, к примеру, высота самой высокой трубы на сегодняшний день составляет 420 м, которая была возведена в 1988 году на Экибастузской ГРЭС-2 (Казахстан) [1].

Дымовые трубы широко используются в металлургическом комплексе, в энергетике, в химической промышленности и в других областях. Важным фактором влияния на работу таких сооружений является воздействие повышенных температур и агрессивной газовой среды.

Ствол дымовой трубы разделяется на два типа: одноствольный и многоствольный. Одноствольные дымовые трубы состоят из наружного слоя оболочки. Однако в этом случае для ремонта и осмотра трубы требуется приостановить работу тепловых агрегатов, что является нерациональным. Многоствольная конструкция трубы предполагает устройство в трубе-оболочке нескольких стволов от каждого теплового агрегата с вентилируемым пространством между ними, в котором предполагается устройства лифта и площадок, которые позволяют производить осмотр ствола трубы. К достоинству многоствольной трубы можно отнести надежную защиту несущего ствола оболочки от агрессивной среды отводимых газов, возможность отдельного ремонта каждого газохода без остановки всех блоков предприятия [2].

Многоствольные трубы получили широкое распространение в Англии, представленные на (рис. 1) [2]. На (рис. 1) даны схемы размещения стволов в несущей трубе-оболочке. Наиболее часто газоотводящие трубы выполняются круглыми в сечении, рис. 1 «а», «б», «в». Максимальное количество круглых газоотводящих стволов в построенных конструкциях достигает шести. Достаточно сложным является и задача передачи их веса на наружные трубы-оболочки. Первые газоотводящие стволы в виде призм из железобетонных панелей имели в сечении форму правильного четырнадцатиугольника, рис. 1 «г», затем выполнены стволы с сечением в виде правильного девятиугольника, рис. 1 «д». Рассматривались вопросы создания стволов с сечением в виде шестиугольника, при таком количестве граней в трубе-оболочке компактно размещается три и более газоотводящих стволов. Шестигранные стволы могут плотно прилегать друг к другу, рис. 1 «ж», «з», «и». В этом случае более эффективно используется объем трубы-оболочки и снижается стоимость сооружения, однако ухудшаются условия наблюдения за газоотводящими стволами и условия их ремонта. Заслуживает внимания опыт применения газоотводящих стволов с овальным сечением, рис. 1 «к», «л». В этом случае по сравнению с круглыми газоотводящими стволами более полно используется пространство несущей трубы-оболочки. Форма сечения газоотводящего ствола, приближающаяся к круглой более благоприятна с точки зрения её аэродинамических показателей, однако сборные железобетонные газоотводящие стволы проще изготавливать из меньшего количества плоских панелей. Уменьшение числа граней в призме ствола уменьшает количество стыков, а, следовательно, повышает и надежность конструкции [2].

В зависимости от материала, из которого сооружаются дымовые трубы, подразделяются на кирпичные, сборные железобетонные, монолитные железобетонные, металлические и существует ограничение возведения по высоте и по диапазону температуры работы трубы [3].

Кирпичные дымовые трубы обычно возводятся не выше 100 м и используются в широком диапазоне температуры от 350°C и выше. За счет разнообразного количества футеровок, они нашли свое применение в сельских котельных, в металлургических, химических и других предприятий. Такие трубы наиболее распространены в России.

Сборные железобетонные трубы предназначены для небольших котельных. Обычно такие трубы строятся высотой от 35 до 45 метров, хотя имеются трубы высотой 60 метров. Температурный диапазон использования от 120—350°C. Сборные дымовые трубы состоят из отдельных, изготовленных заранее железобетонных царг, соединяемых между собой путем установки и натяжения шпилек. Они возводятся без футеровок, но при наличии высоких температур могут иметь футеровку.

Во многих конструкциях дымовых труб применяются футеровки. Футеровки имеют функцию ограждающих по-

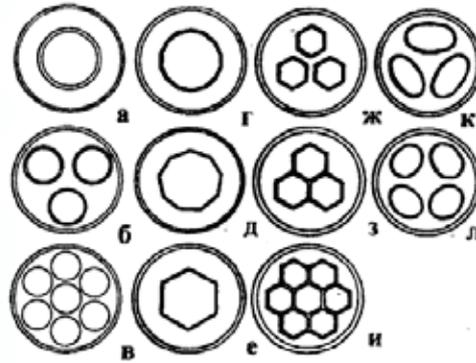


Рис. 1. Газоотводящие стволы в дымовых трубах [3]: а, б, в-стволы с кольцевым сечением; г, д, е, ж, з, и — стволы призматической формы; к, л — стволы с овальным сечением

верхности для защиты ствола от температурного и агрессивного воздействия отходящих газов. Имеются различные конструктивные решения футеровок. На (рис. 2) [2] представлены трубы с различным устройством футеровок. Трубы без футеровки, (рис. 2.б), применяются при вытяжной вентиляции при отсутствии химически агрессивных и высокотемпературных воздействий. Футеровка может выполняться из кирпича в виде прижимной стенки, расположенной на консолях, рис.2. в. Широкое распространение получила конструкция, в которой внутренняя поверхность трубы покрывается из минеральной ваты. За слоем теплоизоляции выкладывается прижимная стенка из обыкновенного кирпича. Широкое распространение получили трубы с футеровкой из легкого бетона, монолитно

соединенной с конструктивным бетоном, (рис 2 г). В некоторых случаях внутренняя поверхность труб облицовывается сталью. При этом между стальной облицовкой и железобетонной трубой размещается слой теплоизоляции, например, из шлаковаты, (рис. 2.д). Стальную облицовку иногда с внутренней стороны покрывают торкретбетоном, (рис.2.е). Толщина стенки футеровки на консолях в большинстве случаев составляет 12 см (1/2 кирпича). Между футеровкой и стенкой трубы или между футеровкой и прижимной стенкой иногда выполняется вентилируемый зазор, (рис.2.ж, з), наличие которого обеспечивает дополнительную защиту несущего ствола от тепла и коррозии. Смена воздуха в зазоре осуществляется естественной тягой или при помощи принудительной вентиляции. При

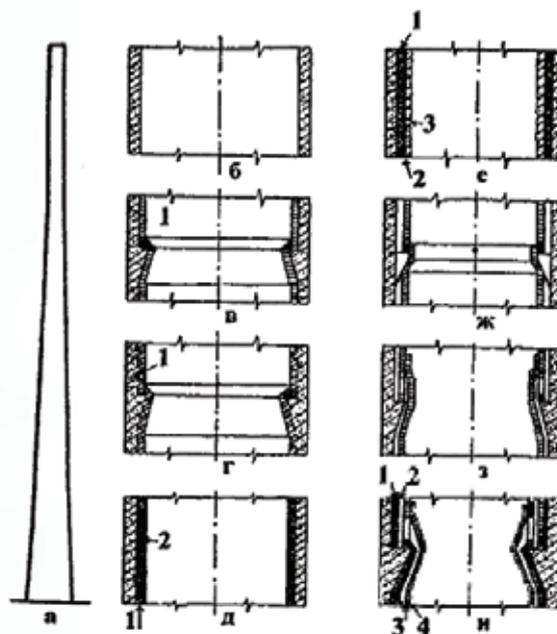


Рис. 2. Трубы с различным устройством футеровок [3]: а — общий вид; б — труба без футеровок; в-с прижимной футеровкой (1) из кольцевых консолях; г — с примонитной футеровкой (1) из легкого бетона; д — с теплоизоляцией (1) и внутренней стальной облицовкой (2); е — с теплоизоляцией (1), внутренней стальной облицовкой (2) и слоем торкретбетона (3); ж, з — с вентилируемым зазором между стволом и футеровкой при размещении последней, соответственно, на консолях в виде пилонов и в виде сплошного кольцевого выступа; и — с теплоизоляцией (1), прижимной стенкой (2), воздушным зазором (3) и футеровкой (4)

естественной вентиляции зазор в верхней части трубы часто делается уже, чем в нижней, что увеличивает тягу воздуха [2].

Отдельное внимание следует уделить вопросу об изоляции дымохода. Если не защищать трубу, то в ней за счет перепада температуры, возникает конденсат, который скапливается на стенках и стекает в дымоход. Нагреваясь, он испаряется и создает давление, которое препятствует печной тяге. Кроме того, от сильного давления пара может произойти разрушение дымохода в печи. Часто бывает так, что среди зимы, в сильный мороз хозяева сильно натопили печь, а она начала дымить и неожиданно разорвалась на части. Причина этого явления, скопившийся в дымоходе конденсат, поэтому изоляция дымовых труб необходима. Устраивают изоляцию для печных труб в банях, загородных домах, помещениях с печным отоплением. От температуры газов и от особенностей окружающей среды зависит толщина и марка теплоизоляции. В основном для изоляции труб используют минеральную базальтовую вату толщиной 5–6 см [2].

Для лучше видимости с самолетов промышленные дымоходы высотой более 100 метров окрашивают с отметки +75 метров в контрастные цвета, полосами темного цвета шириной 5 метров и светлого — шириной 10 метров. Обычно окрашивают красным и белым цветом.

Для подъема персонала на светофорные площадки (рис.3) [2] дымовой трубы, связанного с заменой сигнальных фонарей, осмотром наружной поверхности

ствола, различными ремонтными работами в процессе эксплуатации служат ходовые лестницы. В сборных железобетонных они предназначены также для подъема и спуска людей в период строительства и монтажа.

Ходовые лестницы монолитных железобетонных, сборных железобетонных дымовых труб состоят из отдельных звеньев шириной 300 мм, соединяемых между собой накладками и болтами (рис. 4. [3]). Длина звеньев для монолитных труб — 2,5 м, для сборных — в зависимости от размеров царг.

Все здания и сооружения в зависимости от назначения, а также от возможного числа поражений в течение года делят на различные категории. Дымовые трубы относятся к III категории устройств молниезащиты.

Устройство, принимающее на себя удар молнии и отводящее энергию от этого удара в землю, называется молниеотводом (рис. 5) [3]. Он состоит из опоры, молниеприемников, объединяющего их каната, одного или двух токоотводящих канатов и электродов заземления, соединенных между собой шиной.

В дымовых трубах опорой молниеотвода служит само сооружение, функцию защиты от прямых ударов молнии выполняют отдельно стоящие не изолированные молниеприемники из водогазопроводных труб диаметром 40 мм и длиной 3650 мм. Верхние концы молниеприемников заостряют и возвышают над уровнем головки на 1800мм. Количество молниеприемников зависит от высоты и верхнего диаметра дымовой трубы. Молниеприемники соединены между собой объединяющим канатом.

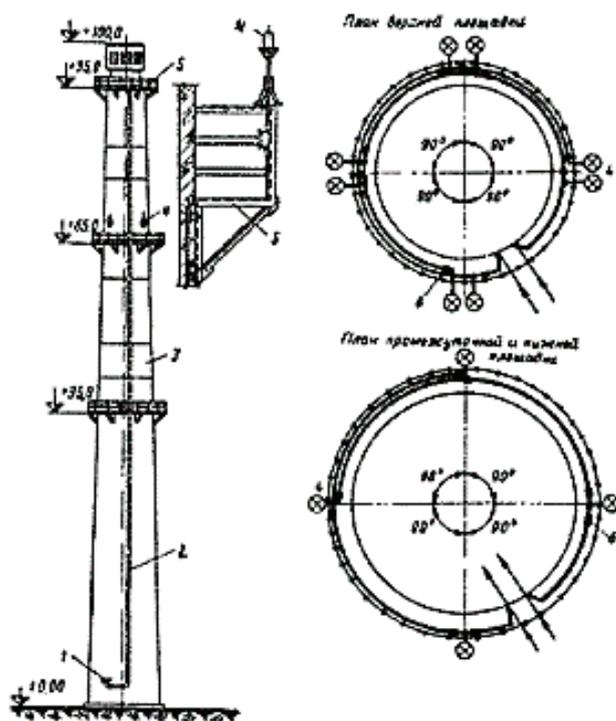


Рис. 3. Светоограждение дымовой трубы [3]: 1 — электроцит; 2 — электрокабели; 3 — Маркировочная покраска — пояс черного или красного цвета; 4 — сигнальные огни; 5 — светофорные площадки; 6 — осветительные коробки

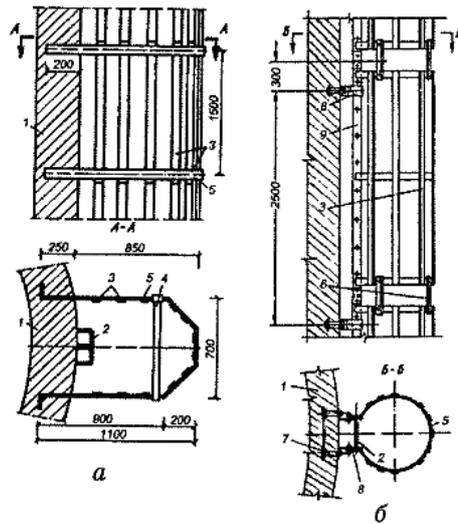


Рис. 4. Ходовая лестница дымовой трубы [3]: а — кирпичной; б — железобетонной; 1 — ствол трубы; 2 — ходовая скоба; 3 — планки ограждения; 4 — скоба для отдыха; 5 — скоба ограждения; 6 — планка; 7 — дюбели; 8 — держатели; 9 — тетива

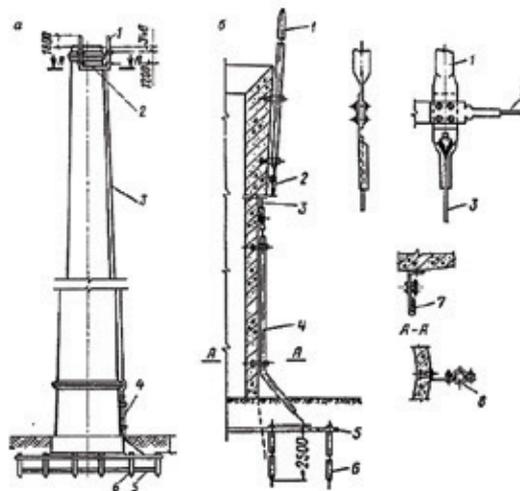


Рис. 5. Молниезащита дымовой трубы [3]: а — кирпичной; б — железобетонной; 1 — молниеприемник; 2 — объединяющий стальной канат; 3 — токоотводящий стальной канат; 4 — защитная труба токоотводящего каната; 5 — шина заземления; 6 — электрод заземления; 7 — держатель токоотводящего каната; 8 — держатель молниеприемника и защита трубы

От молниеприемников вдоль ходовой лестницы прокладывают не менее двух токоотводящих канатов, которые крепят специальными держателями, заделанными в ствол дымовой трубы, и соединяют с шиной заземления электродов, находящихся в грунте [2].

**Заключение**

На сегодняшний день дымовые трубы лежат в основе важнейших для страны производств — металлургического, химического, нефтехимического, изготовления строительных материалов, а также получения энергии на тепловых электростанциях [3].

Необходимость создания такого сооружения было вызвано с появлением обогревательных средств, в которых использовался открытый огонь. Быстрое развитие техники, постоянный рост производства и экологические требования ведут к увеличению высоты дымовых труб. И вот уже на протяжении многих лет дымовые трубы высотой более 100 метров считаются уникальными сооружениями. Со временем усложнились условия эксплуатации в частности температурных, аэродинамических режимов и внешних воздействий. Поэтому, сейчас стволы стали возводить титановыми, нержавеющей стали и другие, а также рассматривается вариант применения высокопрочного бетона.

Литература:

1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Дымовая\\_труба](https://ru.wikipedia.org/wiki/Дымовая_труба)
2. Коробов, Л. А., Жарков А. Ф., Шерник А. О. Дымовые и вентиляционные трубы высотой 200–500 метров как пространственные сооружения. — М.: Компания Спутник +, 2006. — 246 с.
3. Ельшин, А. М., Ижорин М. Н., Жолудов В. С., Овчаренко Е. Г. Дымовые трубы / Под редакцией Сатьянова С. В. — М.: — Стройиздат, 2001. — 296 с.; ил.
4. Волков, Э. П., Гаврилов Е. И., Дужих Ф. П. Газоотводящие трубы ТЭС и АЭС»
5. Сатьянов, В. Г., Пилипенко П. Б., Французов В. А., Сатьянов С. В. Экспертиза промышленной безопасности производственных зданий и сооружений.
6. Рыков, А. Н., Жидович О. В., Хасеневич Л. С. и др. Строительство, реконструкция и ремонт дымовых труб энергообъектов концерна Белэнерго // Электрические станции. 2002. № 3. с. 25–30.
7. Ельшин, А. М., Ижорин М. Н., Жолудов В. С. Овчаренко Е. Г. Дымовые трубы том 2. Под редакцией Сатьянова С. В. — М.: Стройиздат, 2001. — 296 с.; ил.
8. Сырых, В. А., Губайдулин Р. Г., Губайдулин М. Р. О перспективе развития трубостроения в России.
9. Шишков, И. А., Лебедев В. Г., Беляев Д. С. Дымовые трубы энергетических установок. — М.: Изд. стандартов, 1987. — 28 с.
10. Санаев, М. Е., Соколова Л. Е., Советкина Л. А. Опыт работ института «УралВНИПИЭНЕРГОПРОМ» / ОАО «Инженерный центр энергетики Урала» по проектированию, обследованию и реконструкции дымовых железобетонных труб / Там же. с. 163–166.
11. Крайнов, В. К., Шамков В. Н., Дужих Ф. П. Повышение надежности дымовых труб способом восстановления тепловой изоляции // Новое в российской электроэнергетике (электронный журнал). 2001. № 9.
12. ВСН 286–90. Указания по расчету железобетонных дымовых труб. Москва 1990.
13. Hampe, E. Die Industrieschornsteine, veb Verlaq for Bauwesen, Berlin. 1970.
14. СП 13–101–99. Правила надзора, обследования, проведения технического обслуживания и ремонта промышленных дымовых и вентиляционных труб. — М.: Госстрой России, 1999.
15. <http://promvest.info/ru/novosti-promyishlennosti/na-kirishskoy-gres-nachalsya-montaj-gazoturbinoj-ustanovki-pgu-800/>

## Особенности внедрения корпоративных информационных систем на платформе 1С в крупные компании

Иванов Сергей Евгеньевич, кандидат физико-математических наук, доцент;  
Гаджиалиев Шамиль Гаджиалиевич, магистрант

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

На сегодняшний день руководства большинства предприятий все больше задумывается об автоматизации бизнеса, будь то маленькая или крупная компания.

Одним из лидеров программных продуктов на российском рынке по автоматизации бизнес-процессов являются продукты фирмы «1С». Фирма «1С» предоставляет комплексную автоматизированную систему, как правило, являющееся типовыми решениями. Надо отметить, что типовые решения универсальны, и большая часть бизнес-процессов и принципов работы предприятий в них уже учтена. Однако специфика работы крупных компаний выходит за рамки функционала типового решения, предоставляемой фирмой «1С». Наряду с этим фактом партнеры компании «1С» предоставляют адаптированные программные продукты 1С под нужды компании.

### Основная часть

#### 1 Основные сложности при работе с крупными компаниями

Проекты, связанные с разработкой и внедрением информационных систем в крупные производственные компании, относятся к категории наиболее сложных проектов. Особенности работы производственных компаний не позволяет использовать стандартные проекты внедрения. Исполнитель производит детальное обследование бизнес-процессов Заказчика, формирует техническое задание и согласовывает его с Заказчиком. Так же Исполнитель несет полную ответственность за проект, в случае невыполнения его в срок, Исполнитель получает оговоренные штрафные санкции. В свою очередь Заказчик не несет никаких рисков.

Компании 1С: Франчайзи, получившие заказ от крупных производственных предприятий на реализацию проекта внедрения, в основном сталкиваются с одними и теми же проблемами. Обычно Заказчик не понимает задач проекта, которые должны привести к выполнению целей проекта. Либо уровень квалификации сотрудников компании недостаточно высок, так же частая ситуация, когда, сотрудники компании продолжают судорожно цепляться за старую систему, тем самым откладывая запуск новой системы автоматизации.

## 1 Автоматизация документооборота

Автоматизация электронного документооборота является важнейшим и решающим пунктом для внедрения. Документооборот на 1С позволяет формализовать логику бизнес процесса: кто, как и в какой последовательности должен работать с документацией. Четкое разграничение обязанностей очень часто позволяет навести порядок в целом в компании. Однако производственные компании с трудом отказываются от использования бумажных документов. Необходимо быть готовым к применению административного ресурса, для реализации, для каждого подразделения, регламентов обработки документов.

## 2 Внедрение информационных систем

### 2.1 Проектное внедрение

Поскольку оснащение качественной информационной системой крупных производственных предприятий требует особого подхода, компании 1С: Франчайзи прибегают к технологии проектного внедрения.

Отличительной особенностью проектного внедрения является детальное обследование каждого бизнес-процесса компании, который тщательно прорабатывается совместно с сотрудниками Заказчика. Вся реализация в новой системе прописывается в документации, тем самым Заказчик еще до начала запуска системы получает представление о том, как будет выглядеть, и функционировать внедряемая система. Кроме этого Исполнителем предоставляется Техническое задание, в котором описаны все настройки системы, которые реализуются в проекте по желанию Заказчика.

Таким образом, при проектном внедрении получают полностью документированную систему, что позволяет в будущем упростить процесс обучения сотрудников компании Заказчика и дает возможность, при желании, самостоятельно обслуживать данную систему, дописывать новые блоки и дополнять функционал.

### 2.2 Особенность проектного внедрения

Основной особенностью проектного внедрения является разбивка этапа разработки системы на отдельные блоки. Исполнитель создает программное обеспечение поэтапно и передает Заказчику блоками. При этом при-

нято перед передачей блока тестировать её дважды: тестирование функциональной работоспособности и тестирование производительности. Данное тестирование может проходить в двух вариантах, либо Заказчик предоставляет реальные данные для тестирования, либо Исполнитель заносит в систему придуманные данные.

## 3 Риски на разных этапах внедрения

### 3.1 Обследование и написание ТЗ

На этапе обследования Исполнитель проводит сбор информации о предприятии, выявляет приоритеты и требования к системе. Обследует параметры бизнес-процессов компании, автоматизированные участки учета, создается общая схема документооборота на предприятии, проводится анкетирование подразделений и сотрудников компании, так же проводится анализ квалификации персонала. Данные результаты дают понять, какой будет объем и сложность работ, определяется бюджет и срок выполнения работ.

Далее представитель Исполнителя проводит детальное изучение данных собранных на этапе обследования. На основании полученной информации Исполнитель формирует техническое задание, все предстоящие работы разбиваются на этапы. И завершающим этапом является составление Плана-графика работ. В Плана-графике отражаются сроки выполнения этапов работ технического задания.

Исполнитель составляет документ Коммерческое предложение и отправляет его на согласование с Заказчиком. Принятое клиентом Коммерческое предложение подшивается в папку по проекту.

### 3.2 Разработка и тестирование

На данном этапе сотрудники выполняют комплекс работ по разработке и адаптации программного продукта. Разработка проходит поэтапную итерацию. Каждая итерация подвергается тестированию. После окончания работ над всеми этапами проекта и их тестирования, необходимо протестировать полностью весь программно аппаратный комплекс. Используются следующие виды тестирования: тестирование функциональных возможностей и тестирование производительности. Для каждого из указанных видов существует свой критерий работоспособности.

Предварительное тестирование следует провести в офисе Компании. Тестирование проводится совместно с представителем Заказчика по предварительно подготовленному плану, который содержит контрольные примеры и заранее определенные результаты испытаний. Контрольные примеры составляются совместно с Заказчиком.

В обязанности Заказчика входит подготовка данных для контрольных примеров. Подготовленные данные должны отображать реальное экономическое содержание тех или иных событий в хозяйственной деятельности За-

казчика. По результатам тестирования делается заключение о том, выдержала ли передаваемая Заказчику система 1С испытания или нет.

### 3.3 Обучение

Обучение проходит в рамках теоретических и практических занятий, тренингов, курсов и дистанционных обучений. Исполнитель должен предоставлять актуальную документацию и обучающий материал, написанный доступным и понятным языком (с учетом низкой компьютерной грамотности пользователей).

Считается, что наиболее эффективный способ обучения является практические занятия с внедряемой системой и лучше всего его проводить перед вводом в эксплуатацию внедряемой системы. Данный вид обучение проходит под наблюдение опытного специалиста. Сотрудникам компании будут предоставлены методические материалы и инструкции по использованию внедренной системы 1С, по каждому виду учета.

### 3.4 Опытная эксплуатация

Этап опытной эксплуатации крайне необходим, так как это:

- Этап, на котором можно объективно оценить все сделанное ранее, то есть продемонстрировать Заказчику АИС в работе
- Этап, на которой появляется возможность протестировать систему в сочетании со всеми входящими воздействиями

На этапе опытной эксплуатации:

1. Выявляются ошибки при эксплуатации в условиях, приближенных к реальным
2. Проверятся пригодность АИС для конечного пользователя
3. Проводится обучение и документируются все инструкции по работе с системой.

Отказ от этапа опытной эксплуатации или недостаточное внимание к его проведению может привести

Литература:

1. 1С: Решение. Особенности внедрения 1С <http://1c-solution.ru/services/projectwork/vnedrenie-1c/>
2. ALP group. Особенности внедрения продуктов 1С <http://www.alp-erp.ru/articles/osobennosti-vnedreniya-produktov-1c.html>
3. Рациональное планирование. Особенности внедрения ERP-систем на платформе 1С для крупных промышленных предприятий [http://infopark.by/sites/default/files/publication\\_files/2\\_racionalnoe\\_planirovanie.pdf](http://infopark.by/sites/default/files/publication_files/2_racionalnoe_planirovanie.pdf)
4. Сергей Львов. Гибкие решение на 1С. Внедрение 1С: особенности эффективного внедрения 1С. Особенности внедрения программ 1С <http://slvov.ru/content/articles/vnedrenie-1s-horoshee.html>
5. Блог компании GoodWill. Внедрение 1С <http://programmist1s.ru/vnedrenie-1s/>

к срыву промышленной эксплуатации, т.к. устранение ошибок будет занимать время, в течение которого использование системы будет приостановлено.

### 3.5 Поддержка и сопровождение

Условия поддержки и сопровождения внедренного программного продукта оговариваются еще на этапе формирования документации, но могут быть дополнены в результате промышленной эксплуатации.

Ввиду того что закон Российской Федерации подвержен частым изменениям или дополнениям, фирмой 1С предоставляются обновления конфигураций программного продукта и релизов. В состав сопровождения этот пункт является одним из основных, а именно клиент регулярно будет получать обновление платформы и релизов, форм отчетности и консультации от опытных сотрудников. Так же клиент всегда может обратиться с просьбой о разработке или доработки программного продукта 1С.

### Вывод

В результате можно сказать, что при внедрение информационных систем в больших производственных компаниях и предприятиях присутствует гораздо больше факторов, влияющих на конечный результат.

#### Сложности:

- Многочисленный персонал предприятия;
- Не высокий уровень компьютерной грамотности пользователей;
- Специфика бизнеса выходит за рамки типового решения;
- Документооборот вносит открытость в работу учреждения, что не всегда приветствуется должностными лицами;

#### Плюсы:

- Все процессы задокументированы и описаны;
- Система находится в актуальном состоянии;
- Автоматизация бизнес-процессов;
- Автоматизированный документооборот.

## Разработка технологических условий и способов подготовки текстильного сырья к хранению

Исмойилов Фуркат Баротович, ассистент;  
Гуломов Хумоюн Гайратович, студент  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Практика показывает, что значительная часть хлопковых семян, вырабатываемых в хлопкоочистительных заводах, отличаются повышенной влажностью. В соответствии с регламентированным технологическим процессом, технические семена до отправки на маслозаводы временно хранятся в основном на площадках. При этом семена подвергаются дополнительному увлажнению в результате выпадения атмосферных осадков. Такие семена, соответственно, требуют изменения технологических условий хранения и переработки на масложировых предприятиях. Однако та часть семян также хранится на площадках, что приводит к дальнейшей порче и потере веса.

Повышенная влажность и содержание сорных примесей вызывают нарушения в технологическом процессе переработки их на масло. Применяемые меры по сохранности технических семян на хлопко- и маслозаводах малоэффективны. Известно, что хлопок-сырец с повышенной влажностью подвергается сушке в СОЦе заготовительных пунктов, чтобы при переработке на хлопкозаводах влажность его находилась в пределах 8–9%. Тем не менее, в большинстве случаев семена выходят с повышенной влажностью, поскольку время пребывания хлопко-сырца в сушильном барабане ограничено, и семена не просушиваются, т.к. по своему строению они не однородны и состоят из трех основных компонентов: волокно, кожура и ядро семени. Химический состав компонентов различен и поэтому различны их влагосорбционные свойства. С изменением влажности хлопковых семян изменяются и его физико-механические свойства, от которых зависит технологический процесс обработки материала и свойства получаемой продукции.

Важнейшим из физико-механических характеристик является микротвердость кожуры. В процессе переработки, под воздействием механических нагрузок, кожура семени повреждается, образуя при этом кожуцу с волокном и битое семя. Степень повреждения в значительной степени зависит от прочности кожуры семян, которая в свою очередь взаимосвязана с ее влажностью. Для установления влияния этих факторов на качественные показатели семян, проведены исследования в лабораторных условиях на хлопковых семенах разновидности С-6524 и Бухоро-6 влажностью 7,0 и 15%. При влажности 7,8%, микротвердость кожуры семян для селекции С-6524 и Бухоро-6 равнялась, соответственно, 205,8 и 191,7 н/мм<sup>2</sup>. С увеличением влажности семян до 12%, микротвердость кожуры снизилась до 132,5 и 128,2 н/мм<sup>2</sup>. В то же время, с ростом, влажности с 12% до 15%, микротвер-

дость кожуры снизилась всего лишь на 14 н/мм<sup>2</sup>. Наиболее слабым участком семени, способным к разрушению и образованию пороков, является халазальная часть. Поэтому при переработке семян с влажностью ниже 7,0% увеличивается битое семя, выше 9,0% — увеличивается кожуца с волокном.

Дальнейшие проведенные исследования показали, что хранение влажных семян с влажностью выше 10% без профилактических мероприятий, приводит их к самосогреванию. Интенсивность этого процесса зависит от влажности и температуры окружающего воздуха. Так, в семенах влажностью 12–15% самосогревание начинается на третьи сутки, выше 20% — на вторые.

При хранении хлопковых семян с влажностью 14,7% изменилась его масличность — данные на первые сутки I сорта 22,4%, через 7 суток — 21,6%, на 21 сутки — 18,2% и на 35 суток — 17,3%.

Результатом самосогревания является засоренность за счет тронутых и горелых семян. Увеличение влажности и засоренности технических семян приводит к созданию благоприятных условий для развития грибков и биологических процессов, что приводит к качественному изменению в семенах и снижает их масличность.

Чтобы пресечь эти процессы, предлагается обработка хлопковых семян различными способами: химическими, термическими, биохимическими, электрическими и т.д. Каждый из способов имеет свои особенности, преимущества и недостатки, однако с учетом процесса хранения хлопковых семян они трудно применимы к промышленности.

Одним из основных способов предотвращения процесса разрушения хлопковых семян является термообработка с использованием теплообменных и гидродинамических процессов. Этот метод может быть использован при обработке хлопковых семян перед складированием или при интенсификации технологических процессов его переработки.

Анализ известных условий и способов подготовки хлопковых семян к переработке и хранению показал, что имеется возможность предотвращения самосогревания, а также изменения их природных свойств.

В основу изучения процесса самосогревания заложен не только фактор влажности хлопковых семян, но и биохимические и биологические процессы, которые регистрируются по изменению скорости всхожести и масличности семян.

На основе вышеприведенных анализов, предложены способы подготовки хлопковых семян к хранению с использованием теплообмена и гидродинамических процессов, что является новым технологическим решением.

Литература:

1. Рахманов, Х. К. Разработка рациональной технологии распределения хлопка-сырца при его складировании: Дис... канд. техн. наук. — Ташкент, 1996.
2. I НДР 940103.I. Устройства для подготовки хлопка-сырца к хранению / Рахмонов Х. К., Ходжиев М. Т., Таджиев У. С. // — 1994.
3. Рахмонов, Х. К. Теоретическое изучение напряженно-деформированного состояния свободно-насыпного слоя хлопка-сырца в ограниченном объеме // Проблемы механики. — Ташкент, 2005. — с. 13–17.

## Определение вместимости группировочных путей вспомогательных сортировочных устройств методом статистического моделирования по схемам сортировки

Карасёв Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент;

Сулимко Алексей Иванович, студент;

Богомолов Владислав Михайлович, студент

Сибирский государственный университет путей сообщения

*Проектирование на железнодорожных станциях сортировочных устройств для многогруппной (глубокой) подборки вагонов по различным признакам требует определения конструктивных параметров сортировочного устройства, в частности, необходимой и достаточной вместимости группировочных путей. Действующие нормы не учитывают структуру перерабатываемого вагонотока, частоту встречаемости различных групп, технологию сортировки вагонов на ограниченном числе путей. В статье предлагается методика расчета необходимой и достаточной вместимости путей на основе анализа функций распределения количества вагонов на путях, получаемых с использованием статистической модели сортировки.*

**Ключевые слова:** многогруппная сортировка, сортировочные пути, группировочные пути, подборка вагонов, моделирование сортировки, вместимость путей, путевое развитие

Увеличение дробности сортировки вагонопотоков вызывает потребность в формировании большого количества многогруппных поездов, а также подач на пути общего пользования. Для подборки вагонов на большое количество групп требуется особая технология сортировки вагонов при числе путей, меньшем, чем число групп в составе [1, 2, 3, 6]. Для этого необходимо сооружение вспомогательных сортировочных устройств (ВСУ). На большинстве станций таких специализированных устройств нет. Правила и нормы проектирования [7, 8] определяют требования к параметрам ВСУ, однако при определении вместимости путей не учитывается схема сортировки вагонов [3].

Следовательно, имеет место задача разработки метода определения необходимой вместимости путей ВСУ с учетом схем сортировки (пример схемы сортировки для одного из способов — степенного — показан в таблице 1). Одним из способов решения этой задачи является моделирование процесса заполнения путей вагонами. Рассматривается вариант статистического моделирования подпроцесса многогруппной сортировки — поступления вагонов на группировочные пути, на основании схем сортировки.

Исходя из принятых условий, в данной работе не рассматриваются:

— конструктивные параметры самого сортировочного устройства (горки малой мощности или вытяжного пути) — продольный профиль, тормозные позиции и др.;

— особенности технологии пропуска через горку (при использовании горочной технологии) вагонов, требующих особого режима работы («с горки не спускать», «спускать с горки осторожно»).

При разработке статистической модели решались следующие задачи:

1. Анализ существующих вариантов схем сортировки вагонов на ограниченном числе путей и выбор базового варианта схемы для моделирования;

2. Разработка математической и программной моделей технологии;

3. Выполнение расчетов, анализ полученных результатов, определение технических параметров сортировочного устройства;

4. Выбор оптимальной вместимости с наименьшей вероятностью ее превышения.

При разработке статистической модели подпроцесса поступления вагонов на пути учитывались следующие сформулированные авторами требования:

— универсальность алгоритма, который может применяться для различных схем сортировки вагонов.

Таблица 1. Схема сортировки (степенной способ, 3 пути, 9 групп)

Наименование операции	Номер пути	Номера групп, направляемых на путь
Сортировка 1	1	{1}, {4}, {7}
	2	{2}, {5}, {8}
	3	{3}, {6}, {9}
Сортировка 2	1	{1}, {2}, {3}
	2	{4}, {5}, {6}
	3	{7}, {8}, {9}
Сборка	1–3	{1–9}

– максимальная автоматизация расчетов и промежуточной обработки их результатов;

– наглядность представления исходных данных и основных результатов моделирования.

*Современные методы определения числа и вместимости путей парков станций.*

В начале и середине XX века (период, в которые сформулирована значительная часть нормативных требований к путевому развитию железнодорожных станций), при разработке правил и норм проектирования станций и сортировочных устройств, в силу недостаточных вычислительных возможностей и отсутствия компьютерных моделей, рекомендуемые параметры определялись, в основном, аналитическими вероятностными или детерминированными методами. При этом по объективным причинам упрощался учет факторов, которые можно рассматривать как случайные величины (например, структуры расформировываемых составов). Такое упрощение реальных процессов позволило создать в то время методики, которые могли использоваться на практике, однако, очевидно, имели погрешность расчетов [9].

Можно выделить следующие методы расчета параметров парков станций (в частности, количества путей):

1. Табличный способ на основании Правил и норм проектирования [7, 8];
2. Аналитический детерминированный и аналитический вероятностный расчеты по интервалу прибытия поездов;
3. Расчет на основе определения коэффициента использования мощности путей;
4. Графоаналитический расчет на основе построения суточных планов-графиков;
5. Расчет с использованием теории массового обслуживания.
6. Метод имитационного моделирования на ЭВМ;

В настоящее время, с развитием компьютерных технологий стало возможно создание моделей, учитывающих значительное количество факторов, и на основе сравнения полученных методом моделирования результатов обосновывать выбор оптимальных технологических, технических и конструктивных параметров устройств [5].

В настоящее время широко используется метод математического моделирования систем и процессов [1, 3, 4]. Одним из преимуществ данного метода является автоматизация рутинных расчетов и возможность многократного

воспроизведения процесса в форме машинных экспериментов, что позволяет формировать устойчивую статистику результатов моделирования.

*Разработка статистической модели.*

Статистическая модель разрабатывалась в среде Visual Basic for Applications, с использованием Microsoft Excel. Процесс накопления вагонов на группировочных путях ВСУ был представлен в виде программного кода.

Использовался следующий алгоритм:

- 1) Моделирование попадания каждого вагона на определенный путь;
- 2) Расчет количества вагонов на каждом пути после каждой сортировки;
- 3) Расчет максимального количества вагонов на каждом пути по всем сортировкам;
- 4) Расчет необходимой вместимости группировочных путей, соответствующей максимальному числу вагонов, при принятой доверительной вероятности превышения.

Для отработки алгоритма моделировались следующие условия сортировки:

- число назначений групп вагонов: не более 9;
- число группировочных путей: не более 3.

Результатом выполнения алгоритма является распределение вагонов по группировочным путям в соответствии со схемой сортировки, представляемое в виде таблиц Microsoft Excel. Структура исходного состава генерировалась при помощи вспомогательной программы [3]. Объем выборки — 100 составов.

Результатом моделирования явилась статистика накопления вагонов на каждом из путей группировочного парка. На ее основе была просчитана вероятность наличия различного количества вагонов на каждом из трех группировочных путей. Определенная на ее основе накопительная вероятность (функция распределения количества вагонов на каждом пути по окончании всех сортировок) показывает, с какой степенью надежности не будет превышена вместимость пути.

*Выбор необходимой вместимости путей с установленной вероятностью не превышения.*

Вместимость каждого пути в полном цикле многогруппной сортировки должна обеспечить размещение на нем необходимого количества вагонов в ходе каждой сортировки. Поскольку количество вагонов, попадающих на каждый путь, кроме схемы сортировки, определяется еще и структурой состава (в общем случае, случайной),

то с некоторой вероятностью будут иметь место случаи, когда вместимость какого-либо пути может оказаться либо излишней, либо недостаточной. Таким образом, для установления вместимости путей необходимо задаться значением доверительной вероятности. С ее увеличением в общем случае будут возрастать «излишки» вместимости путей, а с уменьшением — увеличиваться вероятность того, что вместимость окажется недостаточной. На рисунках 1–2 представлен пример результатов расчета по модели.

По функциям распределения (см. рисунок 2) для заданной доверительной вероятности определяется расчетная вместимость каждого из используемых путей для каждой сортировки. Пример результатов показан на рисунке 3.

Необходимая вместимость группировочного пути соответствует максимальному количеству вагонов, фиксированному на данном пути в процессе всех сортировок. Например, на основании данных рисунка 4 получаем вместимость: пути 1 и 2 по 18 вагонов, путь 2–17 вагонов.

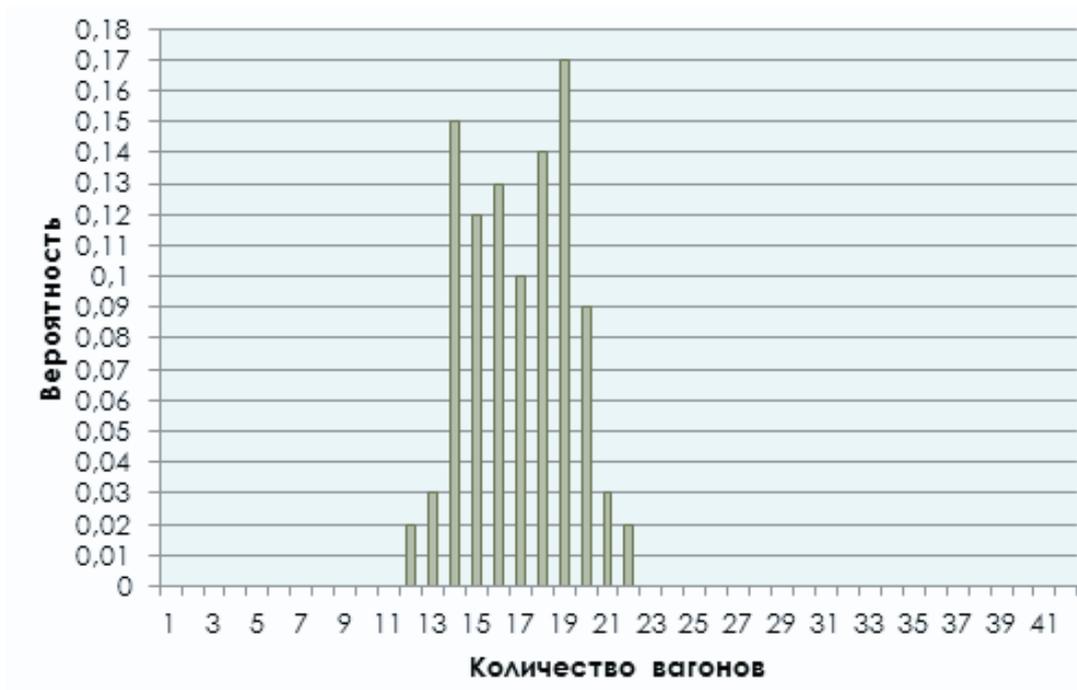


Рис. 1. Распределение количества вагонов на группировочных путях ВСУ (пример для одного пути)

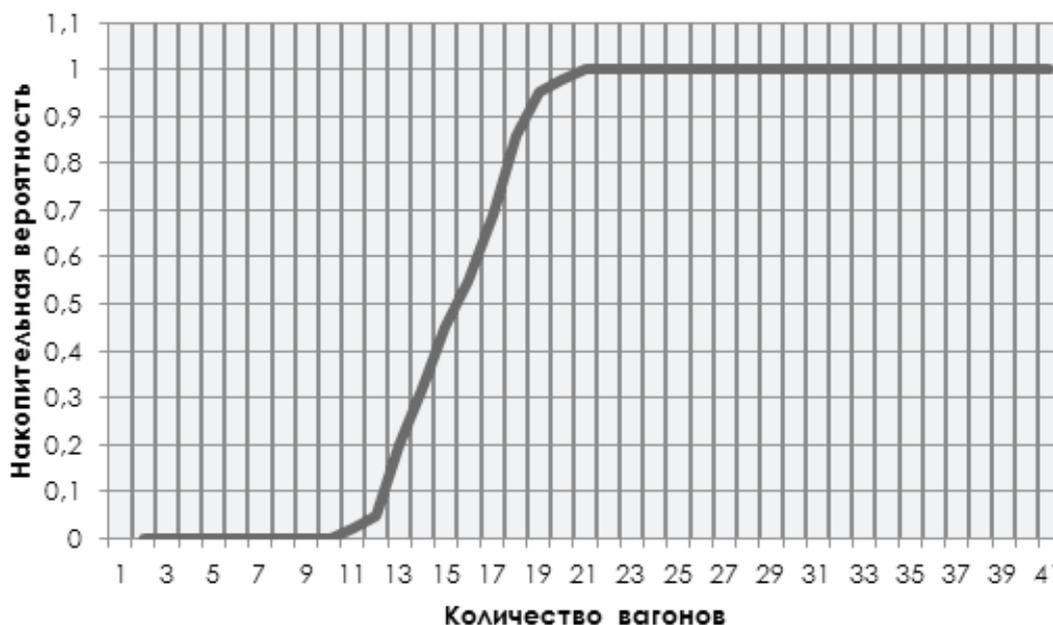


Рис. 2. Функция распределения количества вагонов на пути (для одного пути, одной сортировки)

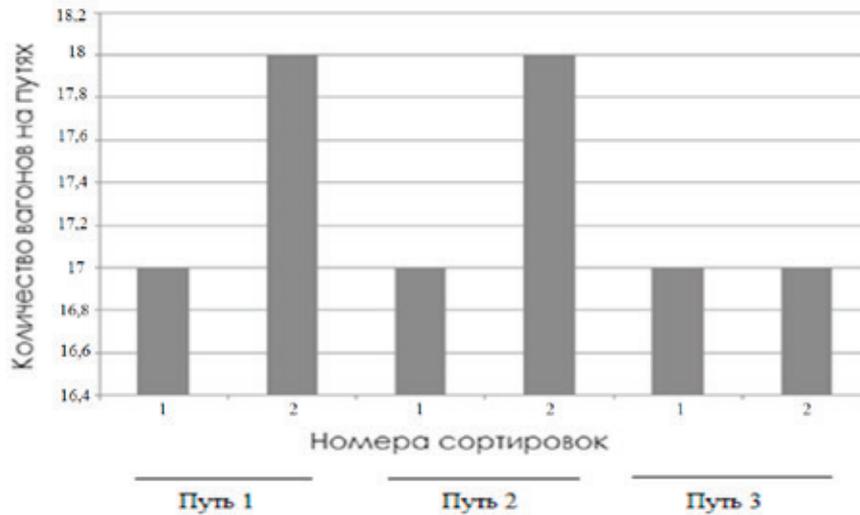


Рис. 3. Необходимая вместимость путей по циклу сортировки (включает две сортировки)

Таким образом, предлагаемый метод позволяет на основе статистического моделирования с заданным уровнем надежности (под которым понимается вероятность превышения емкости путей в процессе многогруппной сорти-

ровки) определять вместимость группировочных путей ВСУ. Результаты расчетов могут использоваться при принятии проектных решений по выбору схемных решений и конструкции плана путевого развития ВСУ.

#### Литература:

1. Бобровский, В.И., Скворон И.Я. Совершенствование технологии формирования многогруппных составов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. ак. В. Лазаряна. — Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2007. — Вип. 10 — С.88–93.
2. Григорьев, В.В. Интенсификация сортировочной работы с местными вагонами при использовании вспомогательных сортировочных устройств: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М., 1987. — 24с
3. Гренкевич, О.О. Разработка методики выбора оптимального способа формирования многогруппных составов по критерию эксплуатационных расходов на маневровую работу: дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2004. — 177 с.
4. Карасев, С.В., Сивицкий Д.А. Распределение сортировочной работы на полигоне методом динамического программирования. В сб. научн.тр.: Совершенствование технологии перевозочного процесса к 80-летию факультета «Управление процессами перевозок». Новосибирск, 2015. с. 94–99.
5. Климов, А.А., Бурдяк П.С. Развитие теории и методов расчета параметров негорочных сортировочных устройств. Транспорт: наука, техника, управление. 2014. № 1. с. 59–63.
6. Макаров, В.М. Ускоренное формирование многогруппных составов на ограниченном числе сортировочных путей / ЦНИИТЭИ МПС // Экспресс-информ.: Организация движения и пассажирские перевозки. М., 1986. Вып. 1. 37 с.
7. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм: утв. МПС РФ 10.10.03. — М., 2003. — 168 с.
8. Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. М., 2001. — 256 с.
9. Сивицкий, Д.А. Анализ отечественного и зарубежного опыта разработки и использования моделей технологии многогруппной сортировки вагонов. Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2016. № 1 (29). с. 106–115.

## К определению угловой скорости ножей наклонно-дискового рабочего органа режущего аппарата

Каримов Рустам Рузимахматович, доцент;  
 Абдуллаев Илхом Эшкурбанович, старший преподаватель  
 Термезский государственный университет (Узбекистан)

За основу теоретических разработок к выбору некоторых параметров режущего аппарата в виде диска с ножом рубящего принципа среза кормовых культур взяты известные положения академиков В. П. Горячкина и В. А. Желиговского по теории резания лезвием.

Теория резания и расчет некоторых параметров дискового режущего аппарата в настоящее время получили определенное развитие, но конструкция диска с ножом рубящего принципа в них не рассматривалась. Исключение составляют работы Фомина В. И. и Новикова Ю. Ф.

При резании кормовых культур рабочий орган режущего аппарата совершает сложное пространственное движение [1], т.е. вращательное и поступательное (рис.). Основными параметрами режущего аппарата, влияющие на работу в большой степени являются траектория движения лезвия ножа, скорость резания и количество ножей [2]. Однако до сих пор нет исследований по определению угловой скорости ножей наклонно-дискового рабочего органа режущего аппарата при скашении кукурузы, люцерны и других с. — х. культур, особенно в южных регионах Республики.

Обозначим  $O_1A = R_p$ ;  $O_1B = r_p$ ; — радиус по наружной и внутренней точках режущей кромки ножа.

Уравнение траектории движения крайних точек лезвия ножа в системе координат X, Y, Z в параметрическом виде можно записать системами уравнений:

уравнения движения крайних точек ножа 1 имеют вид

$$\begin{cases} X_a = R_p \cdot \cos \omega t \\ Y_a = V_M t + R_p \cdot \cos \alpha_H \cdot \sin \omega t \\ Z_a = R_a \cdot \sin \alpha_H (1 - \sin \omega t), \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} X_\beta = r_p \cdot \cos(\omega t + \gamma) \\ Y_\beta = V_M t + R_p \cdot \cos \alpha_H \cdot \sin(\omega t + \gamma) \\ Z_\beta = r_p \cdot \sin \alpha_H [1 - \sin(\omega t + \gamma)], \end{cases} \quad (2)$$

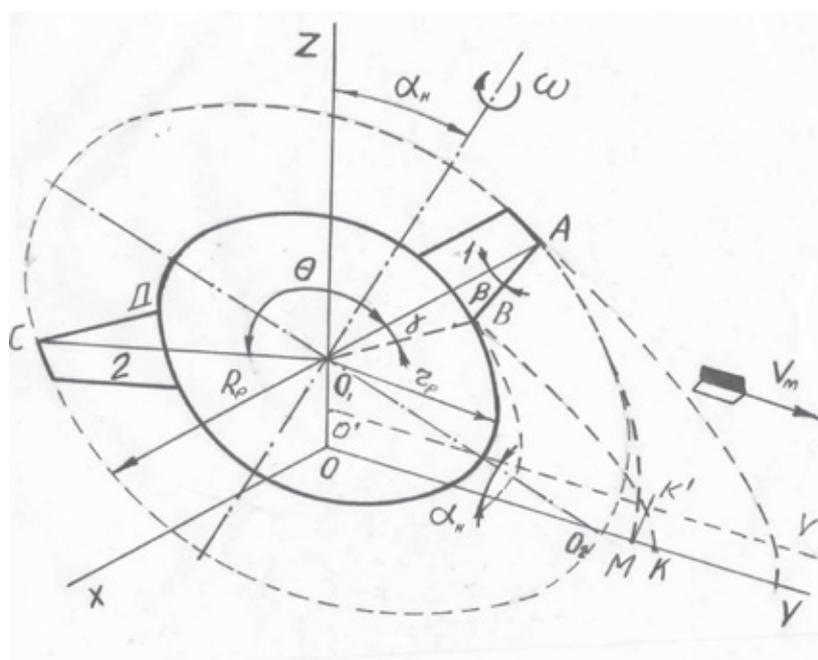


Рис. 1. Схема к определению угловой скорости ножей наклонно-дискового рабочего органа режущего аппарата

уравнения движения крайних точек ножа 2 имеют вид

$$\begin{cases} X_c = R_p \cdot \cos(\omega t - \Theta) \\ Y_c = V_M t + r_p \cdot \cos \alpha_H \cdot \sin(\omega t + \gamma) \\ Z_c = R_p \cdot \sin \alpha_H \cdot [1 - \sin(\omega t - \Theta)], \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} X_d = r_p \cdot \cos(\omega t + \gamma - \Theta) \\ Y_d = V_M t + r_p \cdot \cos \alpha_H \cdot \sin(\omega t + \gamma - \Theta) \\ Z_d = V_M t + r_p [1 - \sin(\omega t + \gamma - \Theta)], \end{cases} \quad (4)$$

где  $V_m$  – поступательная скорость машины, м/с;

$\omega$  — угловая скорость, с<sup>-1</sup>;  $t$  — время, с;  $\theta$  — центральный угол между двумя смежными ножами, град;  $\gamma$  — центральный угол между двумя крайними точками лезвия ножа, град.

Абсолютные скорости крайних точек лезвия ножа режущего аппарата определены способом нахождения первых дифференцированных перемещений  $X_a, Y_a, Z_a$ , по времени, которые в общем виде оказались равными.

$$V_{0a} = \sqrt{\left(\frac{dx_a}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy_a}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz_a}{dt}\right)^2}.$$

Так как

$$\frac{dx_a}{dt} = -R_p \cdot \omega \cdot \sin \omega t,$$

$$\frac{dy_a}{dt} = V_m + R_p \cdot \omega \cdot \cos \alpha_H \cdot \cos \omega t,$$

$$\frac{dz_a}{dt} = -R_p \cdot \omega \cdot \sin \alpha_H \cdot \cos \omega t.$$

Решая систему уравнений получим

$$V_{0a} = \sqrt{R_p^2 \cdot \omega^2 + 2V_m \cdot R_p \cdot \omega \cdot \cos \alpha_H \cdot \cos \omega t + V_m^2} \quad (5)$$

С учетом диаметра стеблей  $d_{cm}$  кормовых культур (5) получит вид:

$$V_{0a} = \left[ (R_p - d_{cm} \cdot \cos \alpha_H)^2 \cdot \omega^2 + 2V_m \cdot \cos \alpha_H \cdot \cos \omega t \cdot (R_p - d_{cm} \cdot \cos \alpha_H) \cdot \omega + V_m^2 \right]^{1/2} \quad (6)$$

Из полученного выражения (6) следует, что в рассматриваемом процессе резания  $\alpha_H = 0, t = 0$

$$\begin{cases} V_{0a \max} = (R_p - d_{cm} \cdot \cos \alpha_H) \cdot \omega + V_m \\ V_{0a \min} = (R_p - d_{cm} \cdot \cos \alpha_H) \cdot \omega - V_m \end{cases} \quad (7)$$

Чтобы перерезать стебли без опоры, скорость должно быть  $V_{a \min} < V_{кр}$

[3]. Тогда

$$(R_p - d_{cm} \cdot \cos \alpha_H) \cdot \omega - V_m > V_{кр} \text{ и}$$

$$\omega > \frac{V_{кр} + V_m}{R_p - d_{cm} \cdot \cos \alpha_H} \quad (8)$$

Количество ножей на рабочем органе режущего аппарата находим из условия, что МК = О и КК ≠ О (см. рис.). Это возможно, когда  $У_m = У_k$ . Вершина первого ножа придет в точку М за время

$$t = \frac{\pi}{2\omega}.$$

Подставив это значение  $t$  в последнее уравнение системы (1), получим:

$$Y_M = \frac{V_M \pi}{2\omega} + R_p \cdot \cos \alpha_H$$

Основание второго ножа придет в точку к за время

$$t = \frac{\frac{\pi}{2} - \gamma + \Theta}{\omega}$$

Подставив это значение  $t$  в последнее уравнение системы (4), получим:

$$Y_k = \frac{V_M}{\omega} \cdot \left( \frac{\pi}{2} + \Theta - \gamma \right) + r_p \cdot \cos \alpha_H \cdot \sin \left( \frac{\pi}{2} + \Theta - \gamma + \gamma - \Theta \right) = \frac{V_M}{\omega} \cdot \left( \frac{\pi}{2} + \Theta - \gamma \right) + r_p \cdot \cos \alpha_H$$

Приравняем полученные значения  $Y_m$  и  $Y_k$ :

$$\frac{V_M \cdot \pi}{2\omega} + R_p \cdot \cos \alpha_H = \frac{V_M}{\omega} \cdot \left( \frac{\pi}{2} + \Theta - \gamma \right) + r_p \cdot \cos \alpha_H,$$

Откуда

$$R_p - r_p = \frac{V_M (\Theta - \gamma)}{\omega \cdot \cos \alpha_H}, \quad (9)$$

Угол между смежными ножами

$$\Theta = \frac{2\pi}{n_H},$$

где  $n_H$  — количество ножей.

Обозначим  $h_H = R_p - r_p$  - высота ножа.

Тогда

$$\Theta = \gamma + \frac{\omega \cdot h_H}{V_M} \cdot \cos \alpha_H \text{ и откуда количество ножей}$$

$$n_H = \frac{2\pi}{\gamma + \frac{\omega \cdot h_H}{V_M} \cdot \cos \alpha_H} \quad (10)$$

Из  $\Delta BAO_1$ , видно, что  $\gamma$  можно выразить через  $\beta$  (см. рис.)

$$\omega = \frac{V_M}{h_H \cdot \cos \alpha_H} \cdot \left[ \frac{2\pi}{n_H} - \pi(1 - \beta/180) \right], \quad (11)$$

где  $\beta$  — угол наклона лезвия ножа, град.

При  $n_H = 1 \dots 6$  шт,  $h_H = 80 \dots 120$  мм,

$V_M = 0,52 \dots 1,25 \frac{M}{c}$  и  $\alpha_H = 0 \dots 12$  град.

Так на основании полученных значений определена угловая скорость ножей наклонно-дискового рабочего органа режущего аппарата.

Из проведенных исследований следует на угловую скорость от которого зависит качество среза в большей степени оказывает влияние количество ножей, высота ножей и угол наклона рабочего органа режущего аппарата, так и угол наклона лезвия ножа.

Литература:

1. Ермачков, В. Г. Определение параметров ротационных режущих аппаратов с нижним приводом // Тракторы и сельхозмашин. 1983. № 9, С.35–36.
2. Каримов, Р. Р., Тураев Б. Б., Тулаганов А. А., Авазов Ж. Д. Определение усилия резания стебельчатых кормов // Узбекский журнал Проблемы механики. 2010. № 4, С.40–42.
3. Авазов, Ж. Д., Каримов Р. Р., Тошпулатов Т. М. Обоснование параметров мини-измельчителя для грубых кормов. // Республиканская научно-практическая конференция «Роль науки и научно-технической информации в инновационной развитии сельского хозяйства». Ташкент, 2010 г.

# Молодой ученый

Международный научный журнал  
Выходит два раза в месяц

№ 10 (114) / 2016

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:**

Ахметов И. Г.

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова М. Н.  
Иванова Ю. В.  
Каленский А. В.  
Куташов В. А.  
Лактионов К. С.  
Сараева Н. М.  
Абдрасилов Т. К.  
Авдеюк О. А.  
Айдаров О. Т.  
Алиева Т. И.  
Ахметова В. В.  
Брезгин В. С.  
Данилов О. Е.  
Дёмин А. В.  
Дядюн К. В.  
Желнова К. В.  
Жуйкова Т. П.  
Жураев Х. О.  
Игнатова М. А.  
Калдыбай К. К.  
Кенесов А. А.  
Коварда В. В.  
Комогорцев М. Г.  
Котляров А. В.  
Кузьмина В. М.  
Кучерявенко С. А.  
Лескова Е. В.  
Макеева И. А.  
Матвиенко Е. В.  
Матроскина Т. В.  
Матусевич М. С.  
Мусаева У. А.  
Насимов М. О.  
Паридинова Б. Ж.  
Прончев Г. Б.  
Семахин А. М.  
Сенцов А. Э.  
Сенюшкин Н. С.  
Титова Е. И.  
Ткаченко И. Г.  
Фозилов С. Ф.

Яхина А. С.

Ячинова С. Н.

**Международный редакционный совет:**

Айрян З. Г. (Армения)  
Арошидзе П. Л. (Грузия)  
Атаев З. В. (Россия)  
Ахмеденов К. М. (Казахстан)  
Бидова Б. Б. (Россия)  
Борисов В. В. (Украина)  
Велковска Г. Ц. (Болгария)  
Гайич Т. (Сербия)  
Данатаров А. (Туркменистан)  
Данилов А. М. (Россия)  
Демидов А. А. (Россия)  
Досманбетова З. Р. (Казахстан)  
Ешиев А. М. (Кыргызстан)  
Жолдошев С. Т. (Кыргызстан)  
Игиснинов Н. С. (Казахстан)  
Кадыров К. Б. (Узбекистан)  
Кайгородов И. Б. (Бразилия)  
Каленский А. В. (Россия)  
Козырева О. А. (Россия)  
Колпак Е. П. (Россия)  
Куташов В. А. (Россия)  
Лю Цзюань (Китай)  
Малес Л. В. (Украина)  
Нагервадзе М. А. (Грузия)  
Прокопьев Н. Я. (Россия)  
Прокофьева М. А. (Казахстан)  
Рахматуллин Р. Ю. (Россия)  
Ребезов М. Б. (Россия)  
Сорока Ю. Г. (Украина)  
Узаков Г. Н. (Узбекистан)  
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)  
Хоссейни А. (Иран)  
Шарипов А. К. (Казахстан)

**Руководитель редакционного отдела:** Кайнова Г. А.  
**Ответственные редакторы:** Осянина Е. И., Вейса Л. Н.

**Художник:** Шишков Е. А.

**Верстка:** Бурьянов П. Я., Голубцов М. В.,  
Майер О. В.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:**

**почтовый:** 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231;

**фактический:** 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: [info@moluch.ru](mailto:info@moluch.ru); <http://www.moluch.ru/>

**Учредитель и издатель:**

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Подписано в печать 10.06.2016. Тираж 500 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, 25