

ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЛИАЛ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА В Г. СЕВАСТОПОЛЕ
РОССИЙСКОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО ИМ. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА
ТУЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОГО ХИМИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА
ИМ. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА
ТООО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
ООО «ТУЛЬСКИЙ ДНТ»

ИННОВАЦИОННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

**ДОКЛАДЫ
VI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

27 июня 2019 года

ПОСВЯЩАЕТСЯ

150-летию со дня открытия периодической таблицы Менделеева

Тула
«Инновационные технологии»
2019

Инновационные наукоемкие технологии: доклады VI международной научно-практической конференции; под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Инновационные технологии, 2019. – 90 с.

Настоящие материалы подготовлены по докладам участников международной научно-технической конференции «Инновационные наукоемкие технологии».

Рассмотрены вопросы подготовки магистров и специалистов в области современных наукоемких технологий и охраны окружающей среды, экологически чистые производственные технологии, химические, ресурсо- и энергосберегающие технологии. Рассмотрены вопросы разработки информационных технологий и технологий пищевых производств.

Материал предназначен для научных сотрудников, инженерно-технических работников, студентов и аспирантов, занимающихся широким кругом современных проблем развития науки и технологий.

Редакционная коллегия

Академик РАН С.М. Алдошин, Академик РАН В.П. Мешалкин, д.т.н., проф. В.М. Панарин, д.т.н. А.А. Маслова, д.м.н. проф. М.Э. Соколов, к.т.н. Е.И. Вакунин, к.т.н. А.Е. Коряков, В.М. Михайловский, А.П. Метелкин.

Техническая редакция: Жукова Н.Н., Путилина Л.П.

ИННОВАЦИОННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

О КЛАССИФИКАЦИИ ТОКСИЧНЫХ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ГАЗОВЫХ КОТЛОВ И НОРМИРОВАНИИ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

М.А. Потетюрин, В.Д. Катин
Дальневосточный государственный университет путей сообщения,
г. Хабаровск

Аннотация. В работе приведена классификация продуктов сгорания газового топлива по степени их опасности (токсичности). Особое внимание уделено загрязняющим веществам, содержащимся в продуктах сгорания в зависимости от технологии сжигания топлива. Показана важность нормирования вредных выбросов в атмосферу как приоритетного пути борьбы с загрязнением воздушного бассейна.

Действующий Федеральный закон «Об охране окружающей среды» регламентирует комплекс вопросов, связанных со снижением и нормированием вредных выбросов в атмосферу, и устанавливает ответственность за недопустимое загрязнение воздушного бассейна. В первую очередь это связано со сжиганием топлива, в том числе газообразного, в котлах предприятий нефтегазового комплекса.

По данным [1] по степени токсичности (опасности) продукты сгорания топлива условно делятся на следующие классы:

- I. Чрезвычайно опасные;
- II. Высокоопасные;
- III. Умеренно опасные;
- IV. Малоопасные.

При этом углеводороды (бенз(а) пирен) относятся к I классу опасности, оксиды азота и серы к III классу, а оксид углерода – к малоопасным веществам, т.е. к IV классу опасности. Все загрязняющие вещества, содержащиеся в продуктах сгорания топлив с учётом технологии их сжигания, можно разделить на две группы. К первой группе относятся загрязняющие вещества, количество которых в продуктах сгорания мало зависит от технологии сжигания и может быть с достаточной точностью определено на основании состава топлива (диоксид серы SO_2 и др.).

Ко второй группе относятся продукты сгорания, образование которых зависит как от состава топлива, так и от технологических, конструктивных и режимных условий сжигания топлива (оксид углерода, оксиды азота, углеводороды и др.). В соответствии с [2] нормированию и контролю подлежат выбросы загрязняющих веществ, содержащихся в продуктах сгорания газообразного топлива: диоксид азота NO_2 , диоксид и триоксид серы SO_2 и SO_3 , оксид азот NO , оксид углерода CO и бенз(а) пирен $C_{20}H_{12}$.

Федеральным законом «Об охране атмосферного воздуха» в нашей стране установлены следующие нормативные показатели: предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и предельно допустимые выбросы (ПДВ) вредных веществ в атмосферу, поступающих с продуктами сгорания топлива.

Целью нормирования вредных выбросов газовых котельных агрегатов является ограничение неблагоприятного воздействия на воздушный бассейн путем: разработки ПДВ, обеспечивающих соблюдение экологических нормативов; установления планов-графиков по достижению уровня ПДВ, а также технологических (удельных) норм выбросов для каждой котельной установки [2].

ПДК вредных веществ в воздухе является основным критерием санитарно-гигиенической оценки качества воздуха и устанавливается Министерством здравоохранения России в расчете на наиболее ранимые группы населения, к которым относятся дети, люди пожилого возраста и ослабленные болезнью. ПДК атмосферных загрязнений устанавливаются для двух периодов усреднения концентраций: максимально разовая и среднесуточная.

Для каждого из выбрасываемых в атмосферу вредных веществ должно соблюдаться условие $C_i/ПДК_i \leq 1$, где C_i – приземная концентрация вредного вещества, мг/м³. Для оценки загрязнения воздуха на территориях зон санитарной охраны (курорты, места массового отдыха населения, заповедники, национальные парки) используется величина $0,8 \cdot ПДК$ атмосферных загрязнений.

Многолетние наблюдения показывают, что соблюдение ПДК не сопровождается какими-либо отклонениями в состоянии здоровья наиболее ранимых групп населения. Вместе с тем превышение ПДК в 2-4 раза вызывает изменение дыхательных функций, сдвиги в функциональном состоянии некоторых органов и систем у чувствительных групп населения, а превышение ПДК в 5-7 раз повышает заболеваемость и других групп населения [3].

Использование ПДК вредных веществ для контроля за состоянием атмосферного воздуха не даёт ответа на вопрос, сколько вредных веществ конкретные источники выбрасывают в единицу времени. В связи с этим потребовалась разработка системы ограничения абсолютных или удельных выбросов наиболее токсичных ингредиентов. Для этого были введены нормы ПДВ, которые позволяют более эффективно бороться с увеличением вредных выбросов и оценивать ответственность каждого предприятия за загрязнение атмосферного воздуха.

Список литературы

1. Росляков П.В. *Контроль вредных выбросов ТЭС в атмосферу* / П.В. Росляков. – М.: МЭИ, 2004. – 228с.
2. *Методическое пособие по расчету и нормированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.* – СПб: НИИ Атмосфера, 2012. – 212с.
3. Катин В.Д. *Защита окружающей среды при эксплуатации печных и котельных установок* / В.Д. Катин. – Хабаровск: ДВГУПС, 2004. – 174с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО СОКРАЩЕНИЮ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА ИЗ МАЗУТНЫХ КОТЛОВ

А.А. Куханевич, В.Д. Катин

Дальневосточный государственный университет путей сообщения,
г. Хабаровск

Аннотация. В работе дан анализ существующих методов и устройств для сокращения вредных выбросов высокотоксичных оксидов азота с продуктами сгорания котлов при сжигании жидкого топлива. Рекомендованы новые эффективные установки, разработанные авторами, для приготовления водомазутных эмульсий к малоотходному сжиганию в котлах, снижающие выбросы оксидов азота за счёт впрыска пара или воды в зону горения топлива и частичной рециркуляции дымовых газов.

Действующий ФЗ «Об охране окружающей среды» нацеливает на повышение экологической эффективности котельного парка предприятий железнодорожного транспорта, что связано с сокращением вредных выбросов в атмосферу, прежде всего оксидов азота NO_x [1].

По данным [2,3] при горении жидкого топлива оксиды азота в топке образуются как за счет содержания азота в топливе, так и за счёт азота воздуха, поступающего на горение. Эмиссия NO_x увеличивается пропорционально содержанию азота в топливе. Увеличение размеров капель распыленного жидкого топлива уменьшает образование NO_x как топливных, так и термических (при затягивании горения со снижением температурных уровней по высоте топки).

Образование топливных NO_x в большей степени зависит от концентрации кислорода в зоне горения, чем от температуры топочного процесса. Следовательно, выбросы NO_x определяются, главным образом, температурой в зоне горения и коэффициентом избытка воздуха. На этих выявленных нами основных факторах и базируются методы уменьшения образования оксидов азота в топочных камерах котлов. Для снижения выбросов NO_x на практике, как в нашей стране, так и за рубежом нашли применение рециркуляция дымовых газов и двухступенчатое сжигание топлива. В обоих случаях снижение выхода NO_x достигается уменьшением, как температурного уровня топочного процесса, так и концентрации кислорода в зоне горения. Оба способа реализуются за счет увеличения высоты топочной камеры. Часто эти способы используются одновременно, что повышает их эффективность. Недостатком рециркуляции кроме затягивания факела является снижение КПД котлоагрегата. При рециркуляции дымовых газов продукты сгорания из конвективной шахты чаще всего подаются в периферийные каналы горелок. По данным [4;5] при двухступенчатом сжигании топлива в зону горения (в горелки) воздух подается в количестве, недостаточном для сжигания топлива полностью при $\alpha=0,85-0,9$. Остальное количество воздуха подается через сопла несколько выше горелок за зоной выжигания его в первой ступени.

Уменьшение эмиссии NOx также может, достигнуто впрыском воды в воздушные каналы горелок. При этом необходимо иметь в виду, что вода может быть заменена паром [5]. Уменьшение температуры в зоне горения и вследствие этого снижение образования NOx, могут быть достигнуты при сжигании мазута в виде водомазутных эмульсий (ВМЭ). Эмульсии приготавливают в специальных устройствах: эмульгаторах. При сжигании ВМЭ из-за дополнительного дробления капель за счёт микровзрывов диаметр капель жидкого топлива резко уменьшается до 2-5 мкм. Снижение температуры горения в результате добавления влаги, и сокращение времени пребывания капель мазута в высокотемпературной зоне за счёт уменьшения размеров капель существенно снижает выброс NOx. Так, добавлением 5-10 % питательной воды уменьшает образование NOx более чем вдвое. Однако сжигание топливной эмульсии, содержащей 10-15 % воды, приводит к снижению КПД котлоагрегата примерно на 0,7 % [5].

Авторами разработаны и рекомендованы к внедрению в мазутных котельных предприятий железнодорожного транспорта принципиально новые, высокоэффективные устройства для подготовки ВМЭ и малоотходного сжигания в котлах, которые защищены патентами [6;7]. Так, в патенте №169530 предлагается авторское техническое решение с дополнительной установкой рециркуляционного дымососа, который подаёт дымовые газы в топку котла, что позволяет на 20-30 % сократить выбросы NOx за счёт уменьшения максимальной температуры в зоне горения.

В патенте №187320 рекомендуется для котлов устройство для сжигания жидкого топлива, отличающееся от известных аналогов тем, что дополнительно снабжено трубой с распылителем для впрыска пара в зону горения жидкого топлива. Подача пара в топку котла позволяет сократить выбросы оксидов азота на 10-15 %, что можно объяснить снижением температурного уровня в топочной камере.

Список литературы

1. Об охране окружающей среды: закон РФ. – М.: Проспект, 2018. – 96 с.
2. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива / И.Я. Сигал. – СПб.: Недра, 1998. – 312 с.
3. Кривоногов Б.М. Повышение эффективности сжигания газа и мазута и охрана окружающей среды / Б.М. Кривоногов. – СПб.: Недра, 1996. – 280 с.
4. Адамов В.А. Сжигание мазута в топках котлов / В.А. Адамов. – СПб.: Недра, 1994. – 300 с.
5. Ахмедов Р.Б. Технология сжигания горючих газов и жидких топлив / Р.Б. Ахмедов, Л.М. Цирульников. – М.: Недра, 1998. – 238 с.
6. Патент №169530, МПК В01F 3\06. Устройство для сжигания жидкого топлива / Катин В.Д., Вольхин И.В. – Оpubл. 22.03.2017. Бюл. №9.
7. Патент №187320, МПК В01F 3\06. Устройство для сжигания жидкого топлива / Катин В.Д., Нестеров В.И., Шевцов М.Н. – Оpubл. 01.03.2019. Бюл. №7.

НОВАЯ МАЛООТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА В НЕФТЕЗАВОДСКИХ ПЕЧАХ

А.В. Артемов, В.Д. Катин

Дальневосточный государственный университет путей сообщения,
г. Хабаровск

Аннотация. В работе рекомендована для применения новая технология двухступенчатого сжигания газообразного топлива в топках трубчатых печей нефтеперерабатывающих заводов с малым выбросом оксидов азота. Показана экологическая эффективность принципиально нового способа сжигания нефтезаводских газов в режиме двухступенчатого горения, защищенного патентом на изобретение.

Под безотходной или малоотходной технологической системой понимается совокупность производств, в результате практической деятельности которых сводится к минимуму негативное воздействие на окружающую среду [1]. Сутью любой экологизированной технологии является максимальное сокращение вредных выбросов и тем самым уменьшение загрязнения окружающей среды. В условиях резкого обострения экологической обстановки целесообразен переход на НПЗ к малоотходным технологиям сжигания топлива в трубчатых печах.

Двухступенчатое сжигание топлива является одним из эффективных методов регулирования топочных режимов и снижения выбросов оксидов азота в атмосферу. В отличие от одноступенчатого сжигания топливо сжигают в две ступени: в I зону (ступень) горения подается количество воздуха меньше теоретически необходимого, т.е. $\alpha < 1$, а во II зону (ступень) – остальное количество воздуха, необходимого для полного сгорания топлива. В результате наблюдается снижение максимальной температуры в зоне горения и снижение концентрации атомарного и молекулярного кислорода в ядре факела при недостатке окислителя, что способствует уменьшению скорости реакции образования оксида азота (NO).

Существуют следующие варианты двухступенчатого сжигания топлива[2]:

- часть воздуха подается в горелки вместе с топливом, а остальная часть поступает в зону дожигания (встречное дутьё);
- часть горелок работает с $\alpha_r < 1,0$, другая – отключена по топливу и через горелки подается воздух;
- горелки в нижней зоне топки работают с недостатком воздуха, горелки верхней зоны – с избытком воздуха.

Двухступенчатое сжигание легче применить при многоярусном размещении горелок на стенах топки печей. В этом случае горелки нижних рядов работают с недостатком окислителя, а верхние с его избытком или через них подаётся только воздух.

Авторами разработан новый способ сжигания топлива в режиме двухступенчатого горения на который получен патент на изобретение [3]. Он относится к области нефтепереработки и может быть использован при сжигании различных газообразных топлив, включая нефтезаводские газы, в топках

технологических печей с двух- и многоярусной компоновкой горелочных устройств по высоте топки. В зависимости от вида топлива при сжигании в топках печей могут образовываться «термические» и «топливные» оксиды азота. При этом выход «термических» оксидов азота обусловлен максимальной температурой горения топлива, а «топливных» оксидов азота наличием азотосодержащих соединений в топливе.

Задачей авторского технического решения является повышение экологической эффективности сжигания топлива за счёт снижения концентрации оксидов азота в продуктах сгорания. Для достижения поставленной цели в качестве топлива, подаваемого в первую зону горения, по замыслу авторов, необходимо использовать пропан-бутановый газ, имеющийся в достаточном количестве на технологических установках любого НПЗ. Выгорание подобного газа протекает при пониженных концентрациях кислорода и более низких температурах, что существенно снижает концентрацию оксидов азота в продуктах горения.

Топливосжигающее устройство для реализации предлагаемого двухступенчатого способа содержит: топку, комбинированные горелки, расположенные в два яруса по высоте топки, трубопроводы подачи топливного газа и воздуха, подаваемого на горение. Новая технология двухступенчатого сжигания топлива по замыслу авторов осуществляется следующим образом. При сжигании топливо делят на потоки. В горелки первого яруса горения по трубопроводу подают пропан-бутановый газ и по другому трубопроводу воздух с коэффициентом избытка $\alpha = 0,85 - 0,95$, т.е. $\alpha_1 < 1$. В горелки второго яруса горения подают воздух с коэффициентом избытка $\alpha = 1,3 - 1,35$ ($\alpha_2 > 1$) и горючий газ, который сжигается в топочной камере трубчатой печи.

Выгорание пропан-бутанового газа в первой зоне протекает при пониженном количестве воздуха и более низкой температуре, что снижает выход «термических» оксидов азота. Снижение образования оксидов азота и продуктов неполного сгорания во второй зоне обеспечивается за счет подачи холодного воздуха, понижающего температуру в этой зоне.

Использование малоотходной технологии сжигания нефтезаводских газов позволяет сократить на 40-50 % выбросы оксидов азота и других сопутствующих загрязняющих веществ (оксида углерода, углеводородов) в атмосферу, что повышает полноту и качество сжигания топлива без снижения КПД трубчатых печей.

Авторами совместно с обслуживающим персоналом установки каталитического риформинга Хабаровского НПЗ завода были проведены испытания новой технологии двухступенчатого сжигания нефтезаводского газа на трубчатой печи, которые показали достаточно высокий экологический эффект [4].

Список литературы

1. Ласкорин Б.Н. *Перспективы безотходной технологии в энергетической промышленности* / Б.Н. Ласкорин. - М.: Изд-во ЭНИН, 1999. – 235 с.
2. Кривоногов Б.М. *Повышение эффективности сжигания газа и охрана окружающей среды* / Б.М. Кривоногов. – СПб.: Недра, 1996. – 280 с.

3. Патент №2288404, МПК F23C99/00. Способ сжигания топлива / Катин В.Д. Пайметов Н.Г., Старовойт А.И. Оpubл. 27.11.2016. Бюл. №33.

4. Пайметов Н.Г. Разработка метода снижения вредных выбросов из трубчатых печей предприятий нефтепереработки (на примере Хабаровского нефтеперерабатывающего завода) // Автореф. дисс. канд. техн. наук. – Владивосток, 2017. – 22 с.

ЧАЙНЫЙ ГРИБ КАК ОСНОВА ПОЛУЧЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАПИТКОВ

А.А. Волчанская
Кубанский государственный аграрный университет,
г. Краснодар

Аннотация. В статье приведен краткий обзор состояния изученности вопроса получения напитков на основе чайного гриба.

Чайный гриб, японский гриб, японская матка, «маньчжурский» гриб, гриб Комбуча, фанго, морской квас, чайная медуза, медузомицет, зооглея *Medusomyces gusevii* представляет собой микробную массу и метаболиты микробного происхождения: слизистой основы, лигнина, клетчатки, которая включает в себя целлюлозу, гемицеллюлозу [1;2].

Чайный гриб внешне выглядит как толстая плёнка бело-жёлто-коричневого цвета, которая плавает на поверхности настоя сладкого чая –питательной жидкости. Исследователи заметили, что зооглея *Medusomyces gusevii* практически не потребляет компоненты чайного настоя, однако очень чувствителен к их отсутствию. Например, без чая медузомицет не синтезирует аскорбиновую кислоту, которая необходима для его жизнедеятельности. Содержащийся в чае кофеин, стимулирует производство целлюлозных волокон, составляющих медузомицет.

Дрожжи чайного гриба сбраживают сахар до образования спирта и углекислоты, а бактерии окисляют этиловый спирт в уксусную кислоту. Таким образом, культуральная жидкость превращается в кисло-сладкий слегка газированный напиток – «чайный квас». Медузомицет склонен заполнять всю свободную поверхность питательной среды, поэтому в промышленных условиях может достигать массы 100 кг [3].

В благоприятных условиях гриб плавает на поверхности питательной среды, если это не так, то это может указывать на недостаток сахара в среде и как следствие слабое газообразование дрожжами. После обслуживания медузомицет так же может некоторое время находиться ниже поверхности питательной жидкости. Слишком интенсивная очистка гриба и помещение его в чистую емкость со свежим питательным раствором может надолго нарушить жизнедеятельность гриба, поэтому полная замена среды противопоказана.

Основными компонентами настоя медузомицета на сладком чёрном чае являются органические кислоты такие, как яблочная, молочная, уксусная,

глюкуроновая, глюконовая, лимонная, щавелевая, пировиноградная, фосфорная, этиловый спирт, сахара (моносахариды, дисахариды), витамины (С, В1, РР, D), ферменты (амилаза, сахараза, протеаза, каталаза), липиды (фосфатиды, стерины, жирные кислоты), пигменты, пуриновые основания, дубильные вещества, смолистые вещества, альдегиды, белки, кофеин, сапонины [5].

Настой чайный напиток регулирует активность желудочно-кишечного тракта, повышает уровень защиты организма и даёт эффект в случаях атеросклероза и некоторых других заболеваний, проявляет бактериостатическое и бактерицидное действие в отношении *Helicobacter pylori*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Bacillus cereus*, *Shigella sonnei*, *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli* [7].

При этом существует ряд противопоказаний к употреблению напитка. Некоторые источники включают в этот список сахарный диабет, язву желудка и грибковые заболевания [4].

Несмотря на все положительные качества и широкое применение в быту, в промышленности чайный гриб используется довольно редко. Для того чтобы использовать его в промышленности надо научиться управлять его обменом веществ, чтобы он усиленно синтезировал различные биологические вещества полезные для человека. Немалую роль при этом будут играть его поразительные адаптационные возможности – его обмен веществ зависит от внешних условий, а их можно менять в широких пределах без ущерба для культуры гриба. Кроме того, можно экспериментировать с видовым составом ассоциации, так как чайные грибы из разных мест сильно различаются по видовому и композиционному составу дрожжей и бактерий, а также использовать в качестве одного из компонентов растительные экстракты. И если удастся научиться получать вещества в необходимом соотношении и количестве, этот организм станет объектом биотехнологии, наладит промышленное производство этого замечательного напитка [6].

Список литературы

1. Jayabalan R. Changes in content of organic acids and tea polyphenols during kombucha tea fermentation / R. Jayabalan, S. Marimuthu, K. Swaminathan // *Food Chemistry*. – 2007. – Vol. 102, № 1. – 392-398 p.
2. Kozyrovska N.O. Kombuchamicrobiome as a probiotic: a view from the perspective of post-genomics and synthetic ecology / N.O., Kozyrovska, O.M., Reva, V.B., Goginyan, J.P. de Vera // *Biopolymers and Cell*. – 2012. – Vol. 28, № 2. – P. 103–113.
3. Mindani I. Watawana, Nilakshi Jayawardena, Candy Choo, Viduranga Y. Waisundara Application of the Kombucha 'tea fungus' for the enhancement of antioxidant and starch hydrolase inhibitory properties of ten herbal teas (англ.) // *Food Chemistry*. – 2016. – Vol. 194. – p. 304-311.
4. Бондарева Н.И. Медицинский вестник Северного Кавказа / Н.И. Бондарева, Л.Д. Тимченко, Е.В. Алиева, Ю.М. Добрыня, Н.И. Гандрабурова, С.И. Писков, Л.И. Калмыкова. – 2017. – Т. 12, № 1. – 87-90 с.
5. Даниелян Л.Т. Чайный гриб и его биологические особенности / Л.Т. Даниелян. – М.: Медицина, 2005. – 83 с.

6. Житлова Л. Платформа для взлета // Продвижение продовольствия. – 2012. [Электронный ресурс]. URL:<http://www.liveretail.ru/articles.php?id=3206>.

7. Похлёбкин В.В. Чай, его история, свойства и употребление [Текст]. – М.: Центрполиграф, 2001. – 122 с.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОВОЙ КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКОЙ. ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ И ЗАЩИТЫ ОТ ПОМПАЖА

В.М. Якупов, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

***Аннотация.** Исследованы режимы работы компрессорных станций по перекачке природного газа. Освещены такие вопросы, как работа компрессора при положительном и отрицательном потоке, поведение компрессорной системы в стационарной форме при различных режимах, сравнение эффективности управления давлением и потоком, влияние магистральной сети на работу компрессора и эффективность компрессоров при различных скоростях потока.*

Введение

Газ должен быть доставлен потребителям самым оптимальным и экономически эффективным путем с соблюдением все возрастающих требований по повышению надежности и безопасности поставок. Он транспортируется по магистральным газопроводам под высоким давлением (от 50 до 75 кг/см²). Функционирование такой сложной системы невозможно без автоматического и автоматизированного управления, контроля и регулирования ее работы.

Основная проблема, связанная с транспортировкой газа на большие расстояния – перепады давления. Они вызывают множество нежелательных явлений (помпаж, колебания объема транспортируемого газа) и требуют увеличения количества газоперекачивающих агрегатов (и, соответственно, уменьшения расстояния между ними).

Для решения этих проблем существует большое количество автоматизированных систем. Но все они сводятся к определенным принципам работы.

Системы контроля и их анализ

Автоматические системы оптимизации и защиты газовых компрессорных установок отличаются лишь алгоритмами реакции на возмущения в системе, но все они прибегают к одним и тем же системам контроля. Рассмотрим их подробнее

Базовый режим работы.

Данная система контроля основана на запуске двигателя до максимальной скорости (т.е. полной нагрузки), если только система не вступает в другой предел. Такими пределами могут быть давление всасывания компрессора,

давление на выходе компрессора или расход компрессора. Если, например, давление всасывания контролируется, двигатель будет работать при полной нагрузке, при условии, что давление всасывания не будет ниже заданного значения для компрессора. В этом случае эффективность системы снижается.

Управление электродвигателями.

Сложность предыдущего метода заключается в том, что они имеют лишь ограниченную возможность уменьшить поглощаемую мощность компрессора. Поэтому для обеспечения достаточной мощности для работы компрессора в какой-то момент на его линии с постоянной скоростью требуется определенный избыточный уровень управления.

Для приводных электродвигателей, позволяющих изменять скорость компрессора (т.е. редукторы с переменной скоростью или частотно-регулируемые приводы), скорость является обычной управляющей переменной. В данном случае скорость привода регулируется в соответствии с целями управления технологическим процессом, пока требуемая мощность не превысит мощность управляющего элемента.

Устранение перенапряжений.

Вмешательство системы контроля перенапряжения должно быть практически незаметным, так как она применяется в режиме непосредственной работы компрессора.

Понимание принципов предотвращения перенапряжений облегчит понимание остальных элементов управления процессом. Существует пять основополагающих факторов для успешного предотвращения перенапряжений (Уайт и Курц [3]):

1. Точная модель ограничения перенапряжений: она должна прогнозировать предельный уровень перенапряжения по применимому диапазону условий и характеристик.
2. Соответствующий алгоритм управления: он должен обеспечивать предотвращение перенапряжения без излишнего нарушения процесса.
3. Правильная аппаратура: приборы должны быть выбраны для соответствия требованиям скорости, дальности и точности.
4. Выбор антипомпажного клапана для компрессора: Клапаны должны соответствовать карте компрессора. Они должны быть применимы как к большим и быстрым, так и небольшим и медленным изменениям в мощности.
5. Правильно выбранный антипомпажный клапан для объемов системы: клапан должен быть достаточно быстрым и достаточно большим, чтобы обеспечить превышение предела перенапряжения во время выключения. Магистральная сеть является доминирующим фактором в общей реакции системы. Большие объемы будут препятствовать внедрению системы предотвращения отказов клапанов.

Так как данная работа не охватывает поведение систем управления перенапряжением во время аварийных остановок, все, что необходимо упомянуть, заключается в том, что объем труб и сосудов между выпускным соплом компрессора, обратным клапаном и антипомпажным клапаном должен быть как можно меньше. Если возникают проблемы с перенапряжением во время

аварийного отключения, может быть установлен отдельный клапан горячей рециркуляции.

Характеристика и поведение системы.

Система, в которой работает компрессор, то есть магистральная сеть, клапаны и сосуды, демонстрирует некоторые связи между потоком через систему и падением давления, налагаемым системой.

В контексте применения компрессоров важно понять это соотношение, поскольку оно оказывает глубокое влияние на выбор правильного компрессора. Кроме того, эти отношения, как правило, различаются в стационарной работе по сравнению с переходной работой.

Трубная система, в которой работает компрессор, будет налагать свою характеристику на компрессор. Необходимо учитывать три основные характеристики стационарной системы (рис.1):

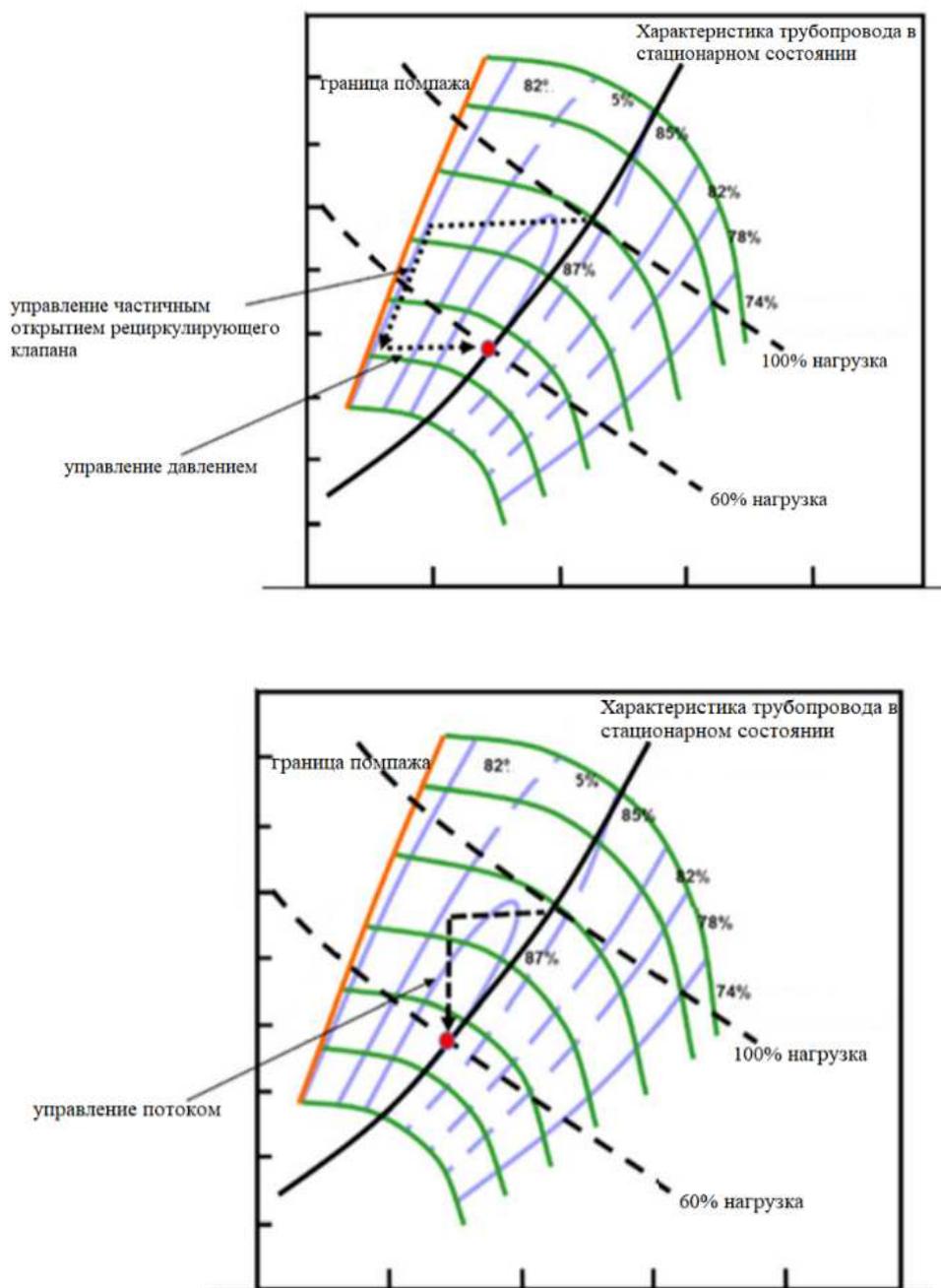


Рис. 1. Снижение нагрузки: управление давлением (вверху), управлением потоком (внизу)

- (А) сильное отношение коэффициента давления к приведенному потоку,
- (В) слабое отношение коэффициента давления к приведенному потоку,
- (С) интегративные отношения.

Случай сильного отношения, например, наблюдается в газопроводах. В стационарных условиях потери давления в трубопроводе, которые налагают давление всасывания и нагнетания на компрессорную станцию, значительно возрастают, когда поток через трубопровод должен быть увеличен. Таким образом, уровни давления обусловлены потерями на трение, которые зависят от скорости газа в трубе.

При слабом соотношении коэффициента давления и приведенным потоком требования для головки компрессора остаются более или менее постоянными при изменении потока. Такое поведение наблюдается не только в холодильных компрессорах, но и в ситуациях, когда процесс диктует постоянное давление всасывания (например, давление сепаратора), в то время как отходящий газ подается через короткую трубу в более крупный проточный трубопровод, поэтому давление на выходе компрессора более или менее диктуется давлением в большом трубопроводе. Таким образом, потери на трение оказывают очень небольшое влияние, и это приводит к очень небольшим изменениям потерь давления при потоке.

В интегративной связи, которая существует, например, в системах хранения [6], компрессор заполняет большую полость. Это означает, что давление нагнетания компрессора увеличивается в зависимости от кумулятивного потока в полость в результате заполнения полости газом. Аналогичные условия могут быть обнаружены в приложениях для сбора газа, где (в гораздо более медленном масштабе) давление в полости (а вместе с ним и давление всасывания компрессора) снижается в зависимости от совокупного расхода газа. Эти полости дополнительно также имеют сильное отношение на карте компрессора, то есть увеличение потока в любой момент времени приведет к снижению давления всасывания компрессора.

Взаимодействие между характеристикой компрессора и характеристикой системы становится основным компонентом подхода к управлению. На рисунке 2 показано, как вход питания, предоставляемый управлением, может использоваться для управления рабочей точкой компрессора в рамках ограниченного поведения системы.

Мощность компрессора P является функцией массового расхода W и фактической головки H и, следовательно, связана с координатами на карте компрессора плотности входа g , входного потока Q , изэнтропической головки H_s и эффективности η

$$P = W \cdot H = \rho \cdot Q \cdot \frac{H_s}{\eta} \quad (1)$$

Это определяет линию постоянной мощности на рисунке 2.

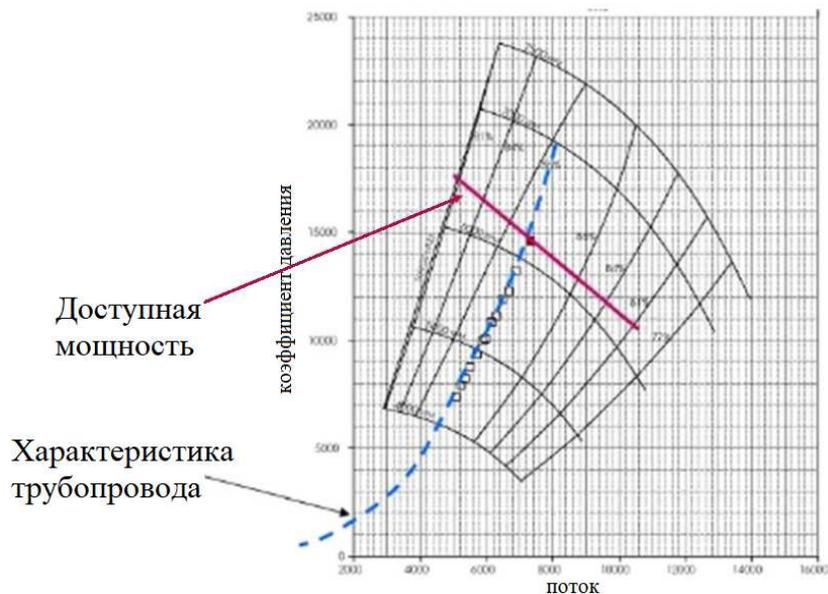


Рис. 2. Отображение характеристики трубопровода и доступной мощности на компрессорной карте

Заключение

В управлении компрессором существуют две цели: соответствие требованиям внешнего процесса и поддержание компрессора в пределах его эксплуатационных границ. Типичными сценариями управления, которые необходимо учитывать, являются управление процессом, запуск и остановка блоков, а также быстрое или аварийное завершение работы. В работе требования к управлению компрессорными узлами. Основное внимание уделяется приложениям с переменной скоростью и потоком. Объяснено влияние взаимодействия между характеристиками системы и характеристиками компрессора как в установившемся, так и в переходном режимах.

Список литературы

1. Kurz, R., White, R. C., and Brun, K., 2012, "Upstream and Midstream Compression Applications: Part 2—Implications on Operation and Control of the Compression Equipment," ASME Paper No. GT2012-68006.
2. Botros, K. K., and Ganesan, S. T., 2008, "Dynamic Instabilities in Industrial Compression Systems With Centrifugal Compressors," 37th Turbomachinery Symposium, Houston, TX, Sept. 8–11, pp. 119–132.
3. Botros, K. K., 2011, "Single vs. Dual Recycle System Requirements in the Design of High Pressure Ratio, Low Inertia Centrifugal Compressor Stations," ASME Paper No. GT2011-45002.
4. White, R. C., and Kurz, R., 2006, "Surge Avoidance for Compressor Systems," 35th Turbomachinery Symposium, Houston, TX, Sept. 25–28, pp. 123–134.
5. Morini, M., Pinelli, M., and Venturini, M., 2007, "Development of a One-Dimensional Modular Dynamic Model for the Simulation of Surge in Compression Systems," ASME J. Turbomach., 129(3), pp. 437–447.
6. Kurz, R., and Brun, K., 2009, "Assessment of Compressors in Gas Storage Applications," ASME Paper No. GT2009-59258.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ФОРМАЛИНА

В.А. Гаврилов, А.Ю. Шарифуллина

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

Аннотация. Проведен анализ процесса получения 40 % формальдегида. Представлено описание процесса получения формалина из воды с ДМД, ТМК и ВПП.

Из газообразных химических веществ часто применяется формальдегид, бесцветный газ с резким запахом, сильно раздражающий слизистые оболочки глаз и дыхательных путей, хорошо растворимый в воде. 40%-ный водный раствор формальдегида называется формалином.

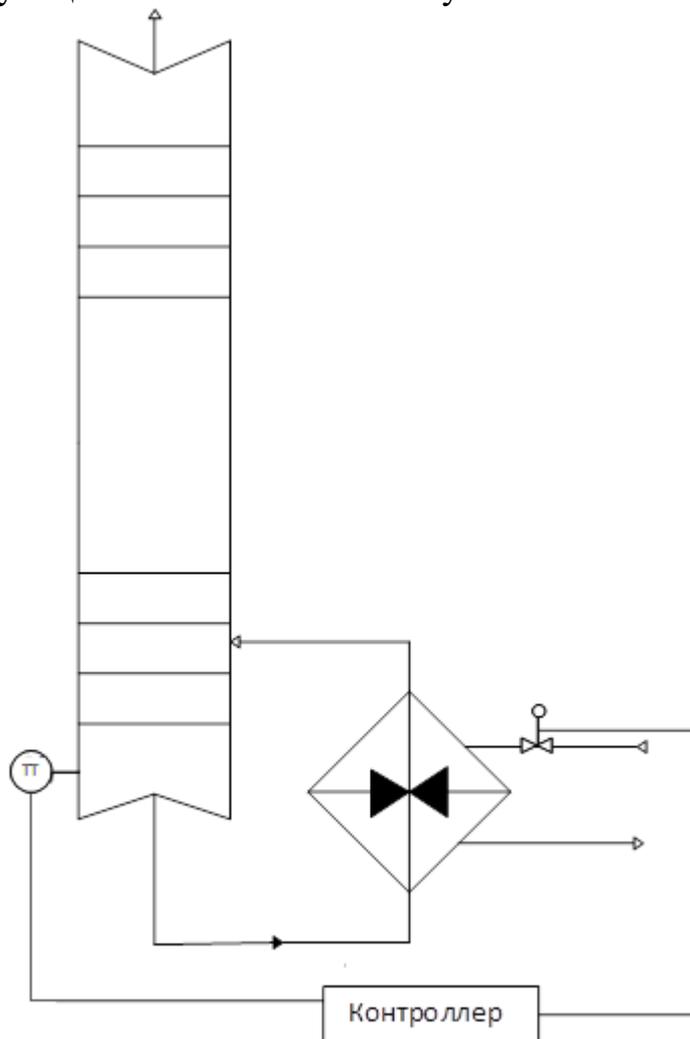
Формалин – это жидкость с едким запахом формальдегида, с нейтральной рН реакцией. Несмотря на то что в холодную погоду он полимеризуется, приобретая молочно-белый цвет, консистенция становится густоватой его дезинфицирующее свойство формалина. Промышленный формалин выпускается в стеклянной таре и деревянных бочках, парафом – в полиэтиленовых мешках. При хранении в формалине и параформе содержание формальдегида (АДВ) снижается. Поэтому перед приготовлением соответствующих дезинфицирующих растворов необходимо определить процентное содержание формальдегида в формалине и параформе.

Процесс получения формалина всегда будет актуален, так как в медицинских учреждениях всегда требуется проводить дезинфекцию, чтобы снизить риски возникновения инфекций. В качестве сырья используется вода насыщенная диметилдиоксидом, триметилкарбонил и высококипящими побочными продуктами. В процессе многократных упарок с помощью ректификационных колонн, часть не требуемых веществ испаряется, а при помощи конденсаторов получается фузельная вода. Фузельную воду можно использовать в промышленных целях для отмывки цистерн от щелочей и кислот. Это экономит денежные средства на утилизацию. После многократных упарок, насыщенные пары следует конденсировать, после чего получается конечная смесь. Автоматизация данного процесса заключается в корректной расстановки приборов измерений и исполнительных механизмов, а так же правильного поддержания требуемых параметров для получения качественного конечного продукта. Ниже будет представлена таблица параметров работы ректификационных колонн.

Режим работы колонн

Режимы работы колонн для выделения формалина.			
	Колонна 1	Колонна 13	Колонна 22
Температура низа, °С	80	110	158
Давление, кПа	0,040	150	600-650

В следствии анализа с последующей автоматизации было выявлено, что на данные колонны требуется установить приборы измерения температуры внизу колонны, а для поддержания температуры в ректификационной колонне требуется предусмотреть аппарат для подвода теплоносителя, это будет представлено на функциональной схеме – Рисунок.



Функциональная схема автоматической системы регулирования температуры

Так же для колонн предусматривает датчик давления, для контролирования данного параметра. На данной схеме представлен контроллер. Данный аппарат требуется для выработки управляющего сигнала, который подаётся на регулирующий орган, в качестве которого служит регулирующий клапан. На данной схеме показан только один аппарат, остальные аппараты автоматизируются по такой же схеме.

Данный схема автоматизации предполагает получения качественного выходного продукта с наименьшими затратами на персонал, а также работы колонн в непрерывном режиме.

Список литературы

1. *Цифровые АСР: пример выполнения расчета в дипломных проектах и методические указания / Казан. гос. технол. ун-т; сост. И.Н. Терюшов, Ю.А. Куликов; КХТИ. – Казань, 1997.*

2. Огородников С.К. Формальдегид / С.К. Огородников. – Л.: Химия, 1984. – 280 с.

3. Системный анализ химико-технологических процессов с использованием программы ChemCad: учебно-методическое пособие / Федер. агентство по образованию, Казан. гос. технол. ун-т; сост. Н.Н. Зиятдинов [и др.]. – Казань, 2009. – 212 с.

4. Островский Г.М. Оптимизация технических систем / Г.М. Островский, Н.Н. Зиятдинов, Т.В. Лаптева. – М.: КНОРУС, 2012. – 432 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕЗИНОСМЕСИТЕЛЯ

Д.А. Сафин, А.А. Усманова

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

Аннотация. Работа посвящена вопросу автоматизации резиносмесителя. Проанализированы особенности протекания технологического процесса, отмечены его показатели эффективности. Определены подлежащие контролю параметры. На основе проведенного анализа осуществлен выбор технических средств автоматизации.

В данный момент в резинотехнической промышленности происходит активное обновление оборудования с целью увеличения эффективности производства, производительности труда и улучшения качества выпускаемой продукции. Производство резиновой смеси с использованием резиносмесителей достаточно трудоемкий и энергозатратный процесс, поэтому его автоматизация является актуальной задачей.

Приготовление резиновой смеси происходит в резиносмесителе, который представляет собой рабочую смесительную камеру с вращающимися навстречу друг другу роторами. Над смесительной камерой располагается загрузочная воронка и верхний затвор. Верхний затвор необходим для создания заданного давления на обрабатываемую смесь в процессе смешения и конструктивно представляет собой цилиндр с поршнем, управляемый сжатым воздухом.

Процесс производства начинается с загрузки техуглерода и белого наполнителя в приемные бункеры. Из данных бункеров вещества поступают непосредственно в резиносмеситель. Также для производства необходимы различные пластификаторы, которые облегчают обработку смеси. На последнем этапе в резиносмеситель вводят серу, являющуюся вулканизирующим агентом. Пластификаторы и сера поступают в резиносмеситель по транспортной ленте. В зависимости от рецептуры смеси в резиносмесителе необходимо поддерживать определенную температуру, поэтому он снабжен теплообменником, применяемым для подогрева.

Показателями, отражающими эффективность данного процесса, являются: качество резиновой смеси, производительность резиносмесителя, энергетические и материальные затраты на процесс. Задача управления процессом

подразумевает поддержание основных показателей эффективности процесса на заданных значениях. Качество резиновой смеси представляют в том числе следующие показатели: пластичность, плотность, кольцевой модуль, твердость. В связи с этим производство приборов для однозначного определения качества резиновой смеси невозможно. Поэтому в роли регулируемого параметра невозможен выбор качества резиновой смеси. Из этого следует, что для получения резиновой смеси высокого качества необходимо поддерживать на заданном уровне те параметры, которые оказывают наибольшее воздействие на процесс. Такими параметрами являются: масса каждого компонента смеси, последовательность их загрузки в резиносмеситель, время каждого этапа смешивания, температура и давление в резиносмесителе. Вес каждого компонента и последовательность загрузки указывается в рецепте на смесь. Отклонение массы или последовательности может привести к получению брака. В качестве примера можно привести преждевременную подвулканизацию, которая способствует раннему затвердеванию смеси. Вулканизация в полной мере может и не произойти из-за низкой температуры. Поэтому необходимо поддерживать заданную температуру путем подачи горячего пара в теплообменник резиносмесителя. В зависимости от рецептуры процесс смешения должен осуществляться при определенном давлении, которое необходимо регулировать путем подачи или выпуска сжатого воздуха из камеры верхнего затвора. При несоблюдении этого условия на выходе возможно получение неоднородной смеси. Также получение неоднородной смеси возможно вследствие несоблюдения продолжительности смешения, поэтому необходимо четко соблюдать время каждого этапа.

Контролируемые параметры определяются по следующему принципу: при минимальном их количестве необходимо получить максимальную информацию о ходе технологического процесса. Контролю подлежат вес каждого из компонентов, температура и давление в резиносмесителе. Средства противоаварийной защиты должны препятствовать выходу за установленные рамки давления и температуры. Данный процесс осуществляется путем перекрытия подачи греющего агента в теплообменник и стравливания воздуха из камеры верхнего затвора.

Так как процесс производства резиновой смеси не относится к взрывоопасным, то выбор осуществляем среди электрических средств автоматизации. При выборе средства измерения температуры необходимо учитывать тот факт, что внутри камеры смешения расположены вращающиеся роторы. Этот момент накладывает ограничения на использование манометрических термометров. Выбор термометров расширения невозможен т.к. они не обладают дистанционной передачей показаний. В закрытой камере затруднено использование пирометров. Поэтому выбор осуществляем среди термоэлектрических термометров и электрических термометров сопротивления. Так как предел допускаемой основной погрешности термометра сопротивления Метран 2700 составляет 0,4 %, а термоэлектрического термометра Rosemount 644 – 0,15 %, то остановим свой выбор на последнем. Для измерения давления в камере верхнего затвора возможно применение тензометрических, пьезорезистивных, емкостных, резонансных, индукционных датчиков.

Наименьшей основной погрешностью обладает датчик с кремниевым резонансным чувствительным элементом Yokogawa EJX430A, поэтому применяем его. Сигналы с датчиков поступают и обрабатываются в контроллере, который вырабатывает управляющие воздействия, направляемые на исполнительные устройства. Исполнительные устройства осуществляют регулирование расхода пара, поступающего в теплообменник резиносмесителя и расхода воздуха, поступающего в камеру верхнего затвора.

Список литературы

1. Клюев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов / А.С. Клюев. - Энергоавтомиздат, 1990. - С.464.
2. Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности / В.В. Шувалов. – Химия, 1991. - С.480.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ РИСКА КАРДИОВАСКУЛЯРНОЙ ПАТОЛОГИИ У ЛИЦ МОЛОДОГО ВОЗРАСТА

Л.Н. Хохлова, Л.Н. Скоробогатова, М.Г. Назаркина, А.А. Гусева
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», Медицинский институт,
г. Саранск

Аннотация. В статье представлены данные анализа факторов кардиоваскулярного риска у лиц молодого и среднего возраста.

Проводится исследование показателей пациентов, проходивших обследования в Центре здоровья ГБУЗ РМ «Поликлиника №2» г. Саранск. С помощью аппарата «Медис» проводилась биоимпедансметрия (соотношение жировой, мышечной и костной массы, содержание Са). С помощью кардиовизора измерялись АД, масса тела, рост с последующим расчетом ИМТ в кг/м²; ЭКГ в 6 отведениях с показанием напряженности миокарда. Ангиологический скрининг: определение лодыжечно-плечевого индекса; спирометрия. Анализ лабораторных методов исследований: результаты анализа глюкозы и холестерина в крови.

Авторами предлагается необходимость раннего выявления факторов кардиоваскулярного риска у людей молодого возраста для проведения своевременных профилактических мероприятий с целью снижения сердечно-сосудистой заболеваемости и смертности у лиц с диагностированными и с не диагностированными сердечно - сосудистыми заболеваниями.

Актуальность. Во второй половине XXI века основную опасность для здоровья населения и проблему для здравоохранения стали представлять в первую очередь болезни сердечно-сосудистой системы, которые в настоящее время являются ведущей причиной заболеваемости, инвалидизации и смертности взрослого населения. Произошло «омоложение» этих заболеваний. В Европе ежегодно умирают от сердечно-сосудистых заболеваний приблизительно 3 млн. человек, в США – 1 млн., это составляет половину всех смертей, в 2,5 раза

больше, чем от всех злокачественных новообразований вместе взятых, причем 1/4 умерших от сердечно-сосудистых заболеваний составляют люди в возрасте до 65 лет. Показатель смертности населения России от болезней системы кровообращения на 2017 год составил 614,6 на 100 тыс. человек. Всего болезнями сердца и сосудов в России страдают более 24 миллионов человек.

Факторы риска сердечно – сосудистых заболеваний общеизвестны. Среди основных следует отметить следующие: гиподинамия; увеличение массы тела; потребление большого количества поваренной соли; повышенный уровень холестерина в крови; возраст более 45 лет; мужской пол; наследственная предрасположенность; курение; сахарный диабет. Каждый из них обладает своим негативным воздействием, способным привести к формированию патологии. В случае наличия сразу нескольких подобных условий вероятность появления недугов повышается.

Целью нашего исследования явилось изучение факторов риска кардиоваскулярной патологии у лиц молодого возраста, проходивших обследование в Центре здоровья ГБУЗ РМ «Поликлиника №2» г. Саранска.

Материалы и методы: в ходе исследования проведен анализ медицинских карт 950 пациентов. Учитывались результаты следующих методов исследования: Данные анамнеза – наличие отягощённой наследственности по ССЗ, СД, ДЛП; наличие в анамнезе пациента ССЗ, СД, ДЛП, курение, нецелесообразное питание, ожирение, гиподинамия;

С помощью аппарата «Медис» проводилась биоимпедансметрия (соотношение жировой, мышечной и костной массы, содержание Са). С помощью кардиовизора измерялись АД, масса тела, рост с последующим расчетом ИМТ в кг/м²; ЭКГ в 6 отведениях с показанием напряженности миокарда. Проводилось определение лодыжечно-плечевого индекса; спирометрия, анализы глюкозы и холестерина в сыворотки крови.

Результаты: среди пациентов анализируемой группы 750 человек составляли женщины (78,9 %) и 200 – мужчины (21,1 %).

Проанализировано количество пациентов с повышенным ИМТ и ожирением. Получены следующие данные: 587 пациент (61,8 %) от общего количества пациентов имеют повышенный индекс массы тела или ожирение различной степени. При этом 38 (18,3 %) мужчин имеют повышенный ИМТ и 78(39 %) ожирение различной степени. Повышенный ИМТ имеют 84 (11,1 %) обследованных женщин 383 (51,1 %) имеют ожирение различной степени тяжести.

В возрасте 18-29 лет повышенный ИМТ встречается у 8 % женщин и 18 % мужчин, в категории пациентов 30 - 44 года 13 и 21 % соответственно. У лиц среднего возраста повышенный ИМТ встречается реже у 11 % женщин и 12 % мужчин.

В ходе исследования было выявлено что, холестерин в крови повышен у 89 мужчин (44,5 %) от общего количества пациентов мужского пола и у 434 женщин (57,9 %). Сахар крови повышен у 13 мужчин (6,7 %) от общего количества пациентов мужского пола и у 54 женщин (7,2 %). При этом важно отметить, что повышение общего холестерина крови наблюдалось уже у пациентов в возрасте 18-29 лет и составило 15,6 %.

Также был проведен анализ курящих пациентов, из которых всего курят 139 (8,9 %) человек. Мужчин 87 (26,5 %), женщин 52 (4,2 %). В молодом возрасте количество курящих мужчин составило 35%, а женщин – 9 %; в возрасте 30-44 лет курящие мужчины составили 27 %, женщины 5 %.

Из общего числа пациентов при обращении в центр здоровья 412 (43,4 %) имели повышенные цифры АД. У пациентов в молодом возрасте артериальная гипертензия I ст. наблюдалась у 45 % пациентов.

Кроме основных показателей факторов риска, важное значение имел результат оценки лодыжечно-плечевого индекса.

ЛПИ является самым новым и надежным способом определения самой высокой артериальной окклюзии и установления показателей давления для всех четырех конечностей. Эта запатентованная система использует комбинацию измерений давления и плетизмографию. Этот метод дает наиболее точное и профессиональное выражение лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ). Изменение ЛПИ < 0,9 наблюдается у 6 % пациентов молодого возраста, что свидетельствует о признаках артериальной окклюзии и требует дополнительного тщательного обследования.

Суммировав все факторы риска, а также результаты проведенных обследований мы выяснили, какое количество факторов риска приходится на одного пациента в рамках возрастной категории. Количество лиц с 3 факторами риска составили 53 % мужчин и 41 % женщин молодого и среднего возраста, что свидетельствует о высоком риске ССЗ у данных пациентов.

Заключение: результаты проведенного исследования обосновывают необходимость раннего выявления факторов кардиоваскулярного риска у людей молодого возраста для проведения своевременных профилактических мероприятий с целью снижения сердечно-сосудистой заболеваемости и смертности у лиц с диагностированными и с не диагностированными сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Список литературы

1. Акимова Е.В. Курение и риск сердечно-сосудистой смертности у мужчин / Е.В. Акимова, В.Ю. Смазнов, В.А. Кузнецов, В.В. Гафаров // Профилактика заболеваний и укрепление здоровья. – 2011. – №3. – С.16-19.
2. Бутрова С.А. Ожирение. Современная тактика ведения больных / С.А. Бутрова // Лечащий Врач. – 2015. – №5-6. – С23-27.
3. Шальнова С.А. Распространенность артериальной гипертензии в России. Информированность, лечение, контроль / С.А. Шальнова, А.Д. Деев, О.В. Вяхирева // Профилактика заболеваний и укрепление здоровья. – 2011. – №2. – С.3-7.
4. Saab P.G. Cardiovascular responsibility to stress in adolescents with and without persistently elevated blood pressure / P.G. Saab, M.M. Labre, M. Ma et al // J. Hypertens. – 2012. – Vol. 19. – P.21-27.
5. Tranchesi B. International data on Anthropometry / B. Tranchesi, V. Barbosa. // Am. J. Cardiol. – 2015. – Vol.70. – P. 1417-1420.

ИНКРУСТИРОВАННЫЕ ХРОМОВЫЕ ПОКРЫТИЯ

В.Л. Филиппов, Е.Г. Винокуров

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
г. Москва

***Аннотация.** В данной работе исследовали новый метод создания защитных износостойких композиционных покрытий (КП) – электрохимическое инкрустирование хромовых покрытий фосфатами железа.*

Введение

В настоящий момент ученые всего мира работают над модернизацией технологий электролитического хромирования. Ведутся работы как с традиционными электролитами на основе хромовой кислоты [1], так и с их заменой – менее токсичными растворами трехвалентных соединений хрома [1-4]. Особое внимание уделяется соосаждению с металлом высокодисперсных частиц – формированию композиционных электрохимических покрытий [5-10].

Авторами статьи предложен новый метод формирования КП – анодная фосфатная обработка стали, покрытой износостойкими слоями хрома. Ионы растворяющегося железа поднимается по трещинам и другим дефектам матрицы и связывается с дигидрофосфат-ионами в нерастворимые и неэлектропроводные фосфаты железа, инкрустирующие хромовые покрытия. Известно [11-12], что фосфатные пленки снижают анодную площадь поверхности детали и замедляют коррозию. В работе исследовали влияние фосфатной обработки на защитные свойства и качество хромовых покрытий.

Методическая часть

Хромирование проводили в стандартном электролите (хромовый ангидрид – 250 г/л, серная кислота – 2,5 г/л) при постоянном перемешивании. В качестве анодов выступали свинцовые пластины, а катодов – образцы из стали 08пс.

Электрохимическое фосфатирование проводили в потенциостатическом анодном режиме в ячейке, состоящей из: хлорид-серебряного электрода (ХСЭ) сравнения, помещенного в капилляр Луггина и платинированного титанового катода. Использовалась трехэлектродная схема подключения. Потенциостат ИРС-Pro L. Фосфатирование проводилось в 1,2 М растворе NaH_2PO_4 с pH 3,5.

Снимки поверхности получали на конфокальном лазерном микроскопе LEXT-OLS 4100, состав поверхности – на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре Shimadzu EDX-7000.

Коррозионные испытания проводили по ускоренной схеме в камере солевого тумана Ascott S450ip при температуре 35-38 °С, влажности 100 % и концентрации NaCl 50 г/л.

Экспериментальная часть

Износостойкие хромовые покрытия не обеспечивают надежной защиты металла-основы от коррозии, ввиду наличия в них развитой сети микротрещин. Было высказано предположение, что электрохимическое анодное

фосфатирование открытых участков стальных подложек может осуществляться через трещины в хромовых покрытиях. Образующиеся фосфаты железа поднимаются вдоль трещин и частично заполняют их, уменьшая растворяющуюся часть детали и образуя вторую фазу КП.

Проверили возможность создания нерастворимых фосфатов в трещинах хромовых покрытий. Для этого сняли анодные поляризационные кривые (АПК) на стали, стали покрытой хромом и хrome на медной подложке (рис. 1).

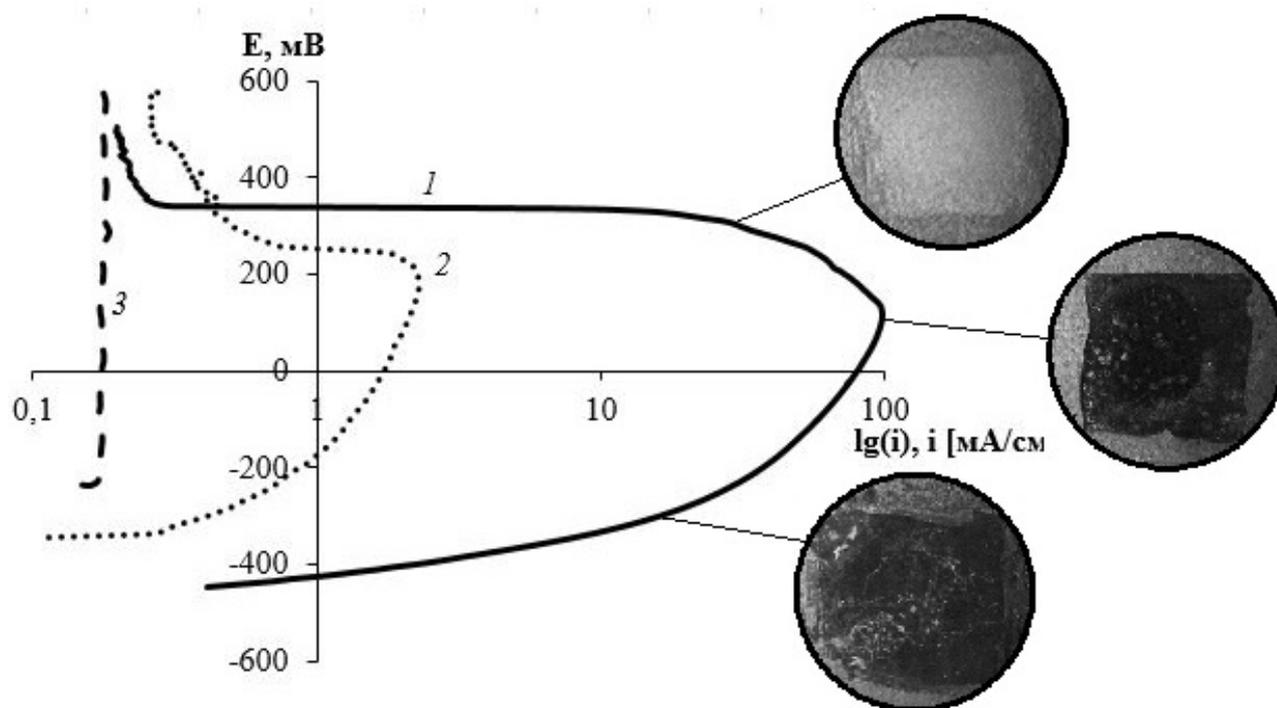


Рис. 1. Анодные поляризационные кривые на стали (1), стали покрытой 22 мкм хрома (2) и 32 мкм хрома на медной подложке (3) в растворе NaH_2PO_4 (1,2 моль/л; pH 3,5)

На зависимости (1) наблюдается высокая плотность анодного тока, а на зависимости (3) она близка к нулю. Из этого следует, что при анодной поляризации сталь будет растворяться в этом растворе, а хром – нет. На кривой (2) можно увидеть небольшой пик растворения металла. Учитывая нерастворимость хрома в используемом растворе, это свидетельствует о наличии трещин в хромовом покрытии, благодаря которым протекает процесс растворения стальной подложки.

На основании АПК (1) выбирали оптимальные условия фосфатирования стали. Поддерживаются постоянные потенциалы и снимая зависимости плотностей тока от времени, нанесли покрытия на три образца: образец А - -100 мВ, образец Б - 100 мВ и образец С - 300 мВ. Фотографии полученных пленок представлены на рис. 1 в выносках. Покрытие образца А очень рыхлое, образца В более плотное, а образца С – предположительно самое плотное. Снимаемые транзистенты плотностей тока показаны на рис. 2а. Быстрее всего ток падает на образце, обработанном при потенциале активно-пассивного состояния металла.



Рис. 2а. Транзиенты плотностей тока образцов: А (-100 мВ), В (100 мВ), С (300 мВ) в растворе NaH_2PO_4 (1,2 моль/л; рН 3,5)

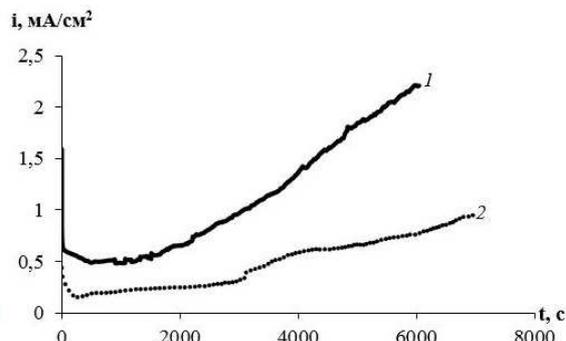


Рис. 2б. Транзиенты плотностей тока стали, покрытой хромом: 1 (2 мкм Cr, 0 мВ), 2 (31 мкм Cr, 0 мВ) в растворе NaH_2PO_4 (1,2 моль/л; рН 3,5)

Для определения состава полученных пленок для образцов провели рентгенофлуоресцентный анализ (рис. 2а). Наивысшее содержание фосфора в покрытии В, в покрытии С фосфор не определяется. Решено в дальнейшем проводить фосфатирование при критическом потенциале и выше, т.к. покрытия в более электроотрицательной области получаются слишком пористыми и не обеспечивают надежной защиты от коррозии.

Для выбора оптимальных условий формирования КП сняли АПК на стальной подложке, покрытой 30 мкм хрома. Исходя из полученной зависимости выбрали оптимальные режимы фосфатирования хромированных изделий: 0 и 300 мВ, соответствующие пику растворения и устойчивому пассивному состоянию металла соответственно. В процессе экспериментов выяснили, что слишком длительная обработка может вызывать рост анодной плотности тока (рис. 2б), вероятно, вследствие расширения трещин покрытия под давлением образующихся фосфатов. Также, по снимкам поверхностей образцов, полученных с помощью конфокального микроскопа, определили, что электрохимическое фосфатирование повышает трещиноватость хромовых слоев.

Стальные образцы с 3 мкм хрома подвергли разным способам фосфатной обработки и измерили их стационарные потенциалы в растворе NaCl (3 %) (рис. 3).

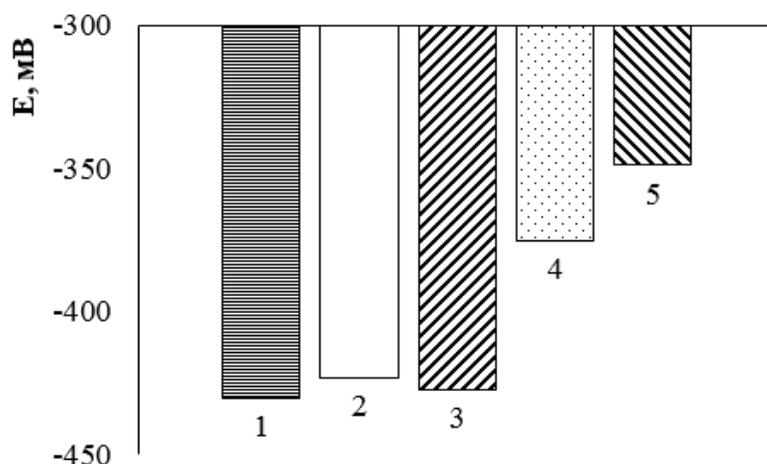


Рис. 3. Гистограмма потенциалов свободной коррозии образцов: 1 (без обработки), 2 (0 мВ, 7000 с), 3 (0 мВ, 225 с), 4 (300 мВ, 7000 с), 5 (0 мВ, 1800 с; 300 мВ, 1200с) в растворе NaCl (3 %)

Образцы, подвергнутые фосфатированию при потенциале устойчивого пассивного состояния, проявили менее электроотрицательный потенциал в коррозионной среде, что говорит о более высоких защитных характеристиках покрытий (позднее этот вывод подтвердили испытаниями в камере соляного тумана).

Выводы

В результате исследований выяснено что:

1. Возможно проводить анодное электрохимическое фосфатирование стальных деталей, с нанесенными на них слоями износостойкого хромового покрытия;

2. Анодное фосфатирование хромированных деталей смещает их стационарный потенциал в растворах NaCl в положительную сторону, что свидетельствует о повышении защитных характеристик покрытий. Этот же вывод подтверждается увеличением времени до появления первых очагов коррозии в камере соляного тумана.

Список литературы

1. Винокуров Е.Г. Системный анализ эффективности и конкурентоспособности технологии хромирования / Е.Г. Винокуров, В.П. Мешалкин, Е.А. Василенко, Х.А. Невмятуллина, Т.Ф. Бурухина, В.В. Бондарь // Теоретические основы химической технологии. – 2016. – Т.50, № 5. – С. 551-560.

2. Азарко О.Е. Электроосаждение толстых твердых хромовых покрытий из электролитов на основе трехвалентного хрома / О.Е. Азарко, В.В. Кузнецов, С.Р. Шахамайер, Е.Г. Винокуров, В.Н. Кудрявцев // Гальванотехника и обработка поверхности. – 1997. – Т. 5, № 4. – С. 25-32.

3. Кузнецов В.В. Кинетика катодной реакции в электролитах на основе сульфата трехвалентного хрома / В.В. Кузнецов, Е.Г. Винокуров, О.Е. Азарко, В.Н. Кудрявцев // Электрохимия. – 1999. – Т.35, № 6. – С. 779-780.

4. Abd El Rehim S.S., Ibrahim M.A.M., Dankeria M.M. Thin films of chromium electrodeposition from a trivalent chromium electrolyte // Trans IMF. 2002. Vol. 80. № 1. P. 29-33. DOI 10.1080/00202967.2002.11871424.

5. Данилов Ф.И. Электродные процессы при электроосаждении покрытий хром-углерод из растворов солей Cr (III) с добавками карбамида и муравьиной кислоты / Ф.И. Данилов, В.С. Проценко, В.О. Гордиенко // Электрохимия. – 2013. – Т. 49, №5. – С. 536-543.

6. Винокуров Е.Г. Получение и свойства неорганических композиционных покрытий с детонационными наноалмазами / Е.Г. Винокуров, Л.А. Орлова, А.А. Степко, В.В. Бондарь // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2014. – Т. 50, № 4. – С. 390-393.

7. Поляков Н.А. Защитная способность композиционных хромовых покрытий из сульфатно-оксалатных растворов-суспензий Cr (III) с добавками наночастиц SiC, Al₂O₃, SiO₂ и MoS₂ / Н.А. Поляков, А.А. Абрашов, Д.В. Паутов, А.И. Данилов // Практика противокоррозионной защиты. – 2013. – Т. 70, № 4. – С. 63-65.

8. Железнов Е.В. Композиционные хромовые покрытия с ультрадисперсными частицами $VN_{\text{вюрц}}$ и WC , получаемые из электролитов на основе $Cr(VI)$ / Е.В. Железнов, В.В. Кузнецов // Гальванопластика и обработка поверхности. – 2017. – Т. 25, № 1. – С. 34-40.

9. Surviliene S., Češuniene A., Juškeenas R. Effect of carbide particles on chromium electrodeposition and protective properties of chromium // Transactions of the Institute of Metal Finishing. 2004. Vol. 82. № 5-6. P. 185-189. DOI: 10.1080/00202967.2004.11871588.

10. Графушин Р.В. Электроосаждение и физико-механические свойства композиционных покрытий на основе хрома с различными модификациями углерода / Р.В. Графушин, Е.Г. Винокуров, В.С. Махина, Т.Ф. Бурухина // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2018. – Т.26, № 2. – С. 26-32.

11. Абрашов А.А. Совершенствование технологии нанесения фосфатных слоев / А.А. Абрашов, Н.Н. Чамашкина, Г.А. Юрьева, Н.С. Григорян, Т.А. Ваграмян // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2012. – Т. 20, №4. – С. 41-46.

12. Ваграмян Т.А. Фосфатирование. Современное состояние и перспективы развития в России / Т.А. Ваграмян, Н.С. Григорян, Д.В. Мазурова, А.А. Абрашов, Е.Ф. Акимова // Коррозия: материалы, защита. – 2011. – №2. – С. 20-27.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫМИ ХОЛОДИЛЬНЫМИ КОМПРЕССОРНЫМИ УСТАНОВКАМИ

Д.Ф. Лутфуллин, А.В. Чупаев

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

Аннотация. Основные термины: электронный термостат, холодильная установка, вид управления, внешний вид, обслуживающий персонал, принцип действия, система управления, установка, холодильное оборудование.

АСУ компрессорной установкой позволяет отстранить человека от необходимости непосредственным управлением компрессной установкой

Автоматизированные системы управления компрессорными установками являются важной структурой современного технологического оборудования в разных отраслях промышленности, эти системы способствуют повышению качества продукции и улучшают экономические показатели за счет поддержания оптимальных режимов работы установки. Автоматизация позволяет отстранить человека от необходимости непосредственного управления объектом. Применение автоматизированных систем управлений сводит роль человека к наладке, регулировке, обслуживании средств автоматизации и мониторингу за их действием.

Системы автоматизированными установками могут подразделяется по следующим признакам:

– по назначению оборудования: бытовые холодильники, коммерческие холодильные установки, промышленные холодильные установки и системы поддержания микроклимата;

– по степени автоматизации: с ручным управлением, полуавтоматическое управление и полностью автоматизированные [1].

Бытовые холодильники (морозильники) имеют следующие виды управления: – механический термостат-прибор для поддержания постоянной температуры в охлаждаемом объеме. Он работает по принципу прерывания электроснабжения на источник производства холода (компрессор, нагреватель, источник питания). Внешний вид такого устройства представлен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид бытового термостата K-59L

– электронный термостат так же, как и механический выполняет функцию разрыва цепи питания при наборе температуры (рис.2.). Отличие заключается в более точном контроле температуры и более высокой надёжности.



Рис. 2. Внешний вид электронного термостата

Описанные системы управления в настоящее время одинаково используются в бытовой холодильной технике, но отличия в качестве выполняемых функций очевидны:

– На показатели работы механического термостата влияют качество и количество заправляемого холодильного агента в термобаллон, а также плотность его монтажа к испарителю. Недостатком является большой дифференциал между размыканием и замыканием контактов термостата. В результате в объеме холодильника температура может изменяться от установленной на 5-8 градусов Цельсия [2].

– в электронном термостате устранены недостатки механического. Первичный измерительный преобразователь (термопару) достаточно поместить в объем камеры охлаждения, а электронная плата, к которой подключена термопара, позволяет добавлять функции управления не только компрессором, но и ТЭНами оттайки, вентилятором испарителя, соленоидным клапаном питания морозильной камеры. Также, в случае неисправности какого-либо элемента или нарушения штатной работы всей системы, на экране выводится сообщение об аварии в виде цифрового кода, мигающих светодиодов и т.п.

Коммерческие и промышленные холодильные установки имеют следующие виды управления:

– механическое реле давления (рис. 3.) – принцип действия основан на работе мембраны, которая непосредственно связана с газовой средой холодильной установки и поджата регулировочной пружиной. При выходе давления за пределы уставки мембрана преодолевает действие пружины и размыкает электрические контакты, тем самым прекращая работу установки.



Рис. 3. Внешний вид реле давления типа КР

С помощью данного реле давления возможно управлять холодильными установками только небольшой мощности. Система управления включает и выключает компрессор по значению давления на мембране. Испаритель (и температура в нем) в данном случае, регулируются механическим дросселирующим устройством (ТРВ -терморегулирующий вентиль). Недостатком данной системы является низкая точность поддержания температуры.

– Контроллер управления холодильной установкой представлен на рис. 4. [3].



Рис. 4. Внешний вид контроллера

Современные контроллеры позволяют адаптивно с высокой точностью управлять процессом охлаждения, работой компрессоров, вентиляторов конденсаторов в многокомпрессорных установках и электрическими регулирующими вентилями, позволяя поддерживать температуру с точностью до 10°C .

– Подобные контроллеры системы мониторинга и удаленного доступа позволяют организовать контроль и диспетчерское управление, холодильным оборудованием (магазинов, супермаркетов) и системами кондиционирования воздуха (зданий, музеев, торгово-развлекательных центров). Внешний вид основных элементов таких систем представлен на рис. 5.



Рис. 5. Внешний вид систем мониторинга и диспетчерского контроля

Данная система, кроме функций управления холодильными установками, позволяет представлять всю информацию на цифровых табло в обобщённом и удобном для восприятия виде. Она также проводит статистический анализ работы установок и выводит информацию в виде таблиц, графиков [4].

В заключение можно сделать вывод, что в настоящее время – время стремительного развития цифровых технологий системы холодоснабжения, также подвержены изменениям в сторону цифровизации всех процессов, начиная с работы самой холодильной установки (для повышения эффективности и уменьшения энергозатрат на производство 1кВт холода) и заканчивая контролем качества продукта в этих установках (системы контроля качества ХАССП и т.п.). Данные изменения повышают интеллектуальную сложность оборудования и соответственно увеличивают требования к квалификации обслуживающего

персонала. Обслуживающий персонал должен обладать навыками программирования, настройки необходимых алгоритмов работы оборудования, а системы управления, в свою очередь уже сами подстроят оптимальный режим работы холодильной системы. При этом стоит не забывать, что без знаний в области процессов производства холода и кондиционирования воздуха не возможна правильная отладка работы системы управления холодильным оборудованием.

Список литературы

1. Бабакин Б.С. *Альтернативные хладагенты и сервис на их основе: справочное руководство* / Б.С. Бабакин, В.И. Стефанчук, Е.Е. Ковтунов. – М.: Колос, 2000. – 160 с.

2. *Практическое руководство по ремонту холодильных установок с конденсаторами воздушного охлаждения* П. Котзлаогланиан. Перевод с французского В.Б. Сапожникова Техническая редакция В.И. Велюханова. – Изд-во Московского университета ЗАО «ОСТРОВ», 1999. – 631 с.

3. *Пособие для ремонтника. Справочное руководство по монтажу, эксплуатации, обслуживанию и ремонту современного оборудования холодильных установок и систем кондиционирования.* Патрик Котзлаогланиан Перевод АНОО «Учебный центр «Остров»». – М., 2007. – 826 с.

4. Доссат Рой Дж. *Основы холодильной техники: учебник* / Рой Дж. Доссат. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 520 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ, РЕСУРСО И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

СОЕДИНЕНИЯ КРЕМНИЯ И ИХ БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ

Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Д.А. Заживихин
Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова,
г. Чебоксары

Аннотация. В данной статье рассматривается связь соединений кремния на обменные процессы ячменя сорта «Эльф». Выявлены и обоснованы необходимость в применении соединений кремния в агропромышленных комплексах в качестве биостимулятора роста растений.

Кремний – обычный компонент растений, стимулирующий их рост, упрочняет ткани растений и снижает потерю воды. Рекордсменами по содержанию кремния являются древнейшие растения: хвощи, мхи, папоротники. Оксиду кремния соответствует ряд кислот, состав которых выражают схематической формулой $x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$. В метакремниевой кислоте $(\text{H}_2\text{SiO}_3)_x$ на один моль двуокиси кремния приходится один моль воды. Кислоты, в составе

которых $x=2$ или более, называют поликремниевыми. Оксид кремния является кислотным оксидом в отличие от двуокиси углерода, не растворяется в воде и не взаимодействует с ней. Соли кремниевых кислот – силикаты – получают сплавления двуокиси кремния со щелочами или карбонатами щелочных металлов. Метасиликат натрия Na_2SiO_3 – один из простейших силикатов и представляет собой натриевую соль метакремниевой кислоты. Используют для получения биологически активных препаратов, растворимого «Бальзам-ЭКБ», микроэлементного препарата «Сувар», успешно применяемые более 25 лет в сельскохозяйственной практике [1-6]. В ходе исследовательской работы было установлено, что в присутствии препаратов, содержащих кремний, энергия прорастания ячменя сорта «Эльф» возросла на 3 %, а способность прорастания – на 2 % по сравнению с контролем. При использовании натриевой соли абиединовой кислоты энергия прорастания увеличилась на 6 %, а способность прорастания на 3 % относительно контроля.

Таким образом, установлено, что исследуемые биологически активные вещества оказывают положительное влияние на процесс проращивания ячменя. Для ячменя, проросшего с добавлением экологически чистого препарата натриевой соли абиединовой кислоты, увеличение количеств проросших зерен в опытном варианте по сравнению с контролем наблюдается уже с первых суток и сохраняется до конца опыта [7-10]. Кремний в оптимальных дозах способствует лучшему обмену в тканях азота и фосфора, повышает потребление бора и ряда других элементов, обеспечивает снижение токсичности избыточных количеств тяжелых металлов. Одной из важных функций активных форм кремния является стимуляция развития корневой системы. Повышению интереса к изучаемой дисциплине химии кремния и его соединений способствует развитию у студентов творческой инициативы в области биотехнологии.

Список литературы

1. Читнаев Е.Л. Неорганические вещества, их биологическая активность // *Естественные науки: сегодня и завтра: тезисы докладов юбилейной итоговой научной конференции* / Е.Л. Читнаев, Е.И. Заживихина, С.А. Маркова. – Чебоксары: Изд-во Чувашского государственного университета, 1997. – С. 232-233.
2. Заживихина Е.И. Биологическая роль препарата «Сувар» для крупного рогатого скота / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова // *Геохимическая экология и биогеохимическое изучение таксонов биосферы: мат-лы 3-ей Российской биогеохимической школы, Горно-Алтайск, 4-8 сентября 2000.* – Новосибирск. – С.252.
3. Заживихина Е.И. Применение биологически активных веществ на основе терпеноидов для сельскохозяйственных животных и птиц / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова // *Химико-лесной комплекс – научное кадровое обеспечение в XXI веке. Проблемы и решения: Междунар. науч.-практич. конф.; сборник статей по материалам конференции.* – Красноярск: СибГТУ, 2000. – С. 287-289.
4. Заживихина Е.И. Изучение биологической роли препарата «Сувар» на телятах / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова // *Семейная медицина в современных*

условиях: мат-лы науч.-практич. конф. Приволжского федерального округа. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2002. – С. 212-213.

5. Заживихина Е.И. Комплексное применение препарата «Сувар» с дезинфицирующим препаратом «Бальзам-ЭКБ» / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова // Семейная медицина в современных условиях: мат-лы науч.-практич. конф. Приволжского Федерального округа. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2002. – С. 213-214.7.

6. Заживихина Е.И., Маркова С.А. Усовершенствованный способ получения микроэлементного препарата «Сувар» на основе терпеноидов для сельскохозяйственных животных и птиц // НАУКА ТА ІННОВАЦІЇ 2005: Матеріали Міжнародної науково-прктичної конференції «Наука та інновації – 2005. Том 2. Біологія, хімія та хімічні технології. Дніпропетровськ: Наука і освіта. 2005. – С. 65-67.

7. Заживихина Е.И. Биологическая роль некоторых микроэлементов / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Д.А. Заживихин // Актуальные проблемы современного естествознания: мат-лы Всерос. науч.-практич. конф. / под ред. Л.Н. Воронова, Н.В. Хураськиной, А.А. Шуканова. – Чебоксары: Чувашгоспедуниверситет им. И.Я. Яковлева, 2006. – С. 148-151.

8. Заживихина Е.И. Комплексное применение препарата «Бальзам-ЭКБ» с микроэлементным препаратом «Сувар» / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Д.А. Заживихин // Глобальные проблемы экологизации в Европейском сообществе: сборник трудов Междунар. конф., посвященной 10-летию образования Международного информационно-экологического парламента. – Казань, 28-29 сентября 2006. – С. 200-201.

9. Заживихина Е.И. О биологической роли абиотата натрия / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Д.А. Заживихин // Современные проблемы химии и защиты окружающей среды: тезисы докладов региональной научно-практической конференции. – 2007. – С. 94-95.

10. Заживихина Е.И. Количественное определение меди в органических объектах / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Е.С. Никифорова // Сб. материалов Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием «Наука и образование: теория и практика». – Чебоксары: Изд-во Чуваш. гос. пед. ун-та, 2012. – С.80-81.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАЩИТНОЙ SMART-КАСКИ МОНИТОРИНГА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ НА РАБОТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков, Н.А. Рыбка
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье представлена интеллектуальная система мониторинга, включающая в себя две основные составляющие: сервер обработки данных и smart-каска, являющаяся по своей сути

многофункциональным устройством, отвечающим за непрерывный мониторинг заданных параметров самого работника и параметров окружающих его вредных и опасных факторов условий труда.

В рамках проекта разрабатывается интеллектуальная система мониторинга, включающая в себя две основные составляющие: сервер обработки данных и smart-каска, являющаяся по своей сути многофункциональным устройством, отвечающим за непрерывный мониторинг заданных параметров самого работника и параметров окружающих его вредных и опасных факторов условий труда.

Smart-каска дополнительно к традиционной функции защиты работника обеспечивает мониторинг вредных и ядовитых веществ в воздухе рабочей зоны, температуры и влажности на рабочем месте, уровня шума, вибрации, воздействия электромагнитных полей. Кроме того, Smart-каска через соответствующие датчики контролирует положение в пространстве и температуру тела человека, пульс, давление и двигательную активность работника.

Также данная каска призвана обеспечивать непрерывную связь между всеми пользователями, посредством встроенных в нее GSM-модулей и немедленно сигнализировать о чрезвычайной ситуации, как работников, так и специальные службы.

Входные параметры защитной smart-каска мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий подразделяются на две группы: состояние производственной среды; физиологическое состояние человека.

Состояние производственной среды характеризуется следующими параметрами:

- загазованность вредными и опасными для человека веществами;
- температура производственной среды, где работает человек;
- шум производственной среды, воздействующий на человека;
- вибрация производственной среды, воздействующая на человека;
- удары, резкие ускорения защитной каски;
- освещенность производственной среды, в которой работает человек.

Физиологическое состояние человека, которое контролирует smart-каска, характеризуется следующими параметрами:

- частота пульса и его изменения;
- температура тела человека;
- электропроводность кожи;
- положение тела человека [1].

В разработке математической модели комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени применим аппарат теории матриц.

Представим в матричном виде состояние производственной среды в части загазованности вредными и опасными для человека веществами [2-3]:

$$C^k_n = \begin{bmatrix} C_1^1 & C_2^1 & C_3^1 & \dots & C_n^1 \\ C_1^2 & C_2^2 & C_3^2 & \dots & C_n^2 \\ C_1^3 & C_2^3 & C_3^3 & \dots & C_n^3 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_1^k & C_2^k & C_3^k & \dots & C_n^k \end{bmatrix},$$

где: C – концентрация вредных и опасных для человека веществ в производственной среде, мг/м.куб.; k – порядковый номер вредного и опасного для человека вещества производственной среды в части загазованности; n – номер отсчета в массиве накопленных данных.

Температура, как фактор состояния производственной среды представим в виде вектора:

$$t^{\circ}C = [t^{\circ}C_1 \quad t^{\circ}C_2 \quad t^{\circ}C_3 \quad \dots \quad t^{\circ}C_n],$$

где: $t^{\circ}C$ – температура производственной среды, в которой находится работник, град.; $1,2,3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных данных температура производственной среды.

Представим в векторном виде фактор шума производственной среды:

$$LA = [L_{A1} \quad L_{A2} \quad L_{A3} \quad \dots \quad L_{An}],$$

где: LA – уровни шума производственной среды, в которой находится работник, дБА; $1,2,3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных данных уровней шума производственной среды.

Аналогично для измерения вибрации производственной среды, воздействующей на организм человека, составим вектор, представляющий собой набор измеренных во времени значений виброускорений:

$$a = [a_1 \quad a_2 \quad a_3 \quad \dots \quad a_n],$$

где: a – значения виброускорений производственной среды, воздействующей на организм человека, м/с²; $1,2,3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных данных виброускорений производственной среды.

Для измерения ударных воздействий на защитную каску составим вектор, представляющий собой набор измеренных ускорений по отношению к ускорению свободного падения g :

$$Kg = [k1g_1 \quad k2g_2 \quad k3g_3 \quad \dots \quad kNg_n],$$

где: Kg – значения ударных воздействий на защитную каску через набор измеренных ускорений по отношению к ускорению свободного падения g , м/с²; $k1g_1 \dots kNg_n$ – набор измеренных ускорений по отношению к ускорению свободного падения g ; $1,2,3 \dots, N$ – номер отсчета в массиве

накопленных данных набора измеренных ускорений по отношению к ускорению свободного падения g .

Для измерения освещенности производственной среды, в условиях которой производит действия работник, составим вектор, представляющий собой набор измеренных значений эксплуатационной освещенности:

$$E_{\text{экс}} = [E_{\text{экс } 1} \quad E_{\text{экс } 2} \quad E_{\text{экс } 3} \dots \dots \dots E_{\text{экс } n}],$$

где: $E_{\text{экс}}$ – значения эксплуатационной освещенности производственной среды, в условиях которой производит действия работник, лк; $E_{\text{экс } 1} \quad E_{\text{экс } 2} \quad E_{\text{экс } 3} \dots \dots \dots E_{\text{экс } n}$ – набор измеренных значений эксплуатационной освещенности производственной среды; $1, 2, 3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных данных набора измеренных значений эксплуатационной освещенности производственной среды.

Объединяя полученные векторы представим матрицу оценки состояния производственной среды, под воздействием которых находится работник в защитной smart- каске.

$$\text{СПС} = \begin{bmatrix} t^{\circ}\text{C}_1 & t^{\circ}\text{C}_2 & t^{\circ}\text{C}_3 \dots \dots \dots & t^{\circ}\text{C}_n \\ L_{A1} & L_{A2} & L_{A3} \dots \dots \dots & L_{An} \\ a_1 & a_2 & a_3 \dots \dots \dots & a_n \\ k1g_1 & k2g_2 & k3g_3 \dots \dots \dots & kNg_n \\ E_{\text{экс } 1} & E_{\text{экс } 2} & E_{\text{экс } 3} \dots \dots \dots & E_{\text{экс } n} \end{bmatrix},$$

Представим в матричном виде физиологическое состояние человека, фиксируемое защитной smart-каскай мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий.

Изменение частоты пульса работника, находящегося в условиях воздействия вредных и опасных факторов производственной среды, представим в виде вектора [3-5]:

$$\text{ЧСС} = [\text{чсс } 1 \quad \text{чсс } 2 \quad \text{чсс } 3 \dots \dots \dots \text{чсс } n],$$

где: ЧСС – частота сердечных сокращений (частота пульса), уд/мин; $\text{чсс } 1 \quad \text{чсс } 2 \quad \text{чсс } 3 \dots \dots \dots \text{чсс } n$ – набор измеренных значений частота сердечных сокращений по отсчетам через установленные промежутки времени; $1, 2, 3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных данных частоты пульса работника.

Температуру тела работника представим в виде вектора:

$$T^{\circ}\text{C} = [T^{\circ}\text{C}_1 \quad T^{\circ}\text{C}_2 \quad T^{\circ}\text{C}_3 \dots \dots \dots T^{\circ}\text{C}_n],$$

где: $T^{\circ}\text{C}$ - температура тела работника, находящегося под действием факторов производственной среды, град.; $1, 2, 3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных данных температуры тела работника.

Изменение электропроводности кожи работника, находящегося в условиях воздействия вредных и опасных факторов производственной среды, представим в виде вектора:

$$G = [g_1 \quad g_2 \quad g_3 \dots \dots \dots g_n],$$

где: G – электропроводности кожи работника, См;
 $g_1 \quad g_2 \quad g_3 \dots \dots \dots g_n$ – набор измеренных значений электропроводности кожи работника; $1, 2, 3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных данных электропроводности кожи работника.

Под положением тела работника понимается отклонение вертикальной оси защитной каски от направления вектора силы тяжести. Такое отклонение соответствует положению головы работника и косвенно отражает положение его тела (вертикальное – горизонтальное).

Этот параметр необходим для выработки сигналов опасности при длительном, превышающем допустимое значение установленного времени нахождения работника не в вертикальном положении. Также косвенно этот параметр отражает снятие защитной каски с головы работника.

Для измерения положения защитной каски составим вектор отклонения оси каски от вертикальной оси:

$$\text{¥} \text{вер} = [\text{¥} \text{вер}_1 \quad \text{¥} \text{вер}_2 \quad \text{¥} \text{вер}_3 \dots \dots \dots \text{¥} \text{вер}_n],$$

где: $\text{¥} \text{вер}$ – значения отклонения оси каски от вертикальной оси, рад;
 $\text{¥} \text{вер}_1 \quad \text{¥} \text{вер}_2 \quad \text{¥} \text{вер}_3 \dots \dots \dots \text{¥} \text{вер}_n$ – набор измеренных значений отклонения оси каски от вертикальной оси; $1, 2, 3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных данных набора измеренных значений отклонения оси каски от вертикальной оси.

Объединяя полученные векторы представим матрицу оценки физиологического состояния работника под воздействием вредных и опасных факторов производственной среды.

$$\Phi C = \begin{bmatrix} \text{чсс} 1 & \text{чсс} 2 & \text{чсс} 3 \dots \dots \dots \text{чсс} n \\ T^\circ C_1 & T^\circ C_2 & T^\circ C_3 \dots \dots \dots T^\circ C_n \\ g_1 & g_2 & g_3 \dots \dots \dots g_n \\ \text{¥} \text{вер}_1 & \text{¥} \text{вер}_2 & \text{¥} \text{вер}_3 \dots \dots \dots \text{¥} \text{вер}_n \end{bmatrix}_1$$

Объединяя полученные матрицу оценки состояния производственной среды, под воздействием которых находится работник в защитной smart- каске и матрицу оценки физиологического состояния работника под воздействием вредных и опасных факторов производственной среды получим обобщенную матрицу комплексной оценки состояния производственной среды и физиологического состояния работника.

$$\text{КСФ} = \begin{bmatrix} C_1^1 & C_2^1 & C_3^1 & \dots & C_n^1 \\ C_1^2 & C_2^2 & C_3^2 & \dots & C_n^2 \\ C_1^3 & C_2^3 & C_3^3 & \dots & C_n^3 \\ C_1^k & C_2^k & C_3^k & \dots & C_n^k \\ t^\circ C_1 & t^\circ C_2 & t^\circ C_3 & \dots & t^\circ C_n \\ L_{A1} & L_{A2} & L_{A3} & \dots & L_{An} \\ a_1 & a_2 & a_3 & \dots & a_n \\ k1g_1 & k2g_2 & k3g_3 & \dots & kNg_n \\ E \text{ экс } 1 & E \text{ экс } 2 & E \text{ экс } 3 & \dots & E \text{ экс } n \\ \text{чсс } 1 & \text{чсс} 2 & \text{чсс } 3 & \dots & \text{чсс } n \\ T^\circ C_1 & T^\circ C_2 & T^\circ C_3 & \dots & T^\circ C_n \\ g 1 & g 2 & g 3 & \dots & g n \\ \text{¥ вер } 1 & \text{¥ вер } 2 & \text{¥ вер } 3 & \dots & \text{¥ вер } n_1 \end{bmatrix}$$

В результате получим математическое представление параметров воздействия вредных и опасных факторов в физических величинах на работников промышленных предприятий при мониторинге в реальном масштабе времени [4-5].

Материалы подготовлены в рамках Гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук (конкурс МД-2018).

Список литературы

1. Борисова А.В. Алгоритм процесса выбора средств измерений для проведения инструментального контроля вредных производственных факторов / А.В. Борисова // Инженерный вестник Дона, 2015, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2783/.
2. Панарин В.М. Система автоматизированного контроля температуры и загазованности для дистанционного мониторинга / А.А. Маслова, В.М. Панарин, Н.А. Рыбка, К.В. Гришаков, Д.А. Селезнева // Экология и промышленность России. – 2018. – Т. 22, № 11. – С. 14–18. DOI: 10.18412/1816-0395-2018-11-14-18.
3. Панарин В.М. Дистанционный контроль параметров микроклимата рабочей зоны с коррекцией по температуре / В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков, Л.В. Кашинцева // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2018. – Вып.3. – С.61-73.
4. Панарин В.М. Разработка интеллектуальной системы персонального мониторинга здоровья работников / В.М. Панарин, А.А. Маслова, Л.В. Кашинцева, К.В. Гришаков // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2018. – Вып.4.
5. Панарин В.М. Устройство мониторинга физиологических параметров работника во время трудового процесса / В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков // Безопасность труда в промышленности - № 5' 2018 – С. 66-70.

НОРМАЛИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОМПЛЕКСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ НА РАБОТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ИХ МОНИТОРИНГЕ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков, Н.А. Рыбка
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье представлена нормализация параметров математической модели комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени, которая лежит в основе интеллектуальной системы мониторинга заданных параметров самого работника и параметров окружающих его вредных и опасных факторов условий труда.

В рамках проекта разрабатывается математическая модель комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени, которая лежит в основе интеллектуальной системы мониторинга заданных параметров самого работника и параметров окружающих его вредных и опасных факторов условий труда.

Полученная математическая модель в виде матрицы комплексной оценки состояния производственной среды и физиологического состояния работника описывает параметры воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий в физических величинах [1-2].

Это затрудняет оценить величину вклада каждого фактора из общего набора вредных и опасных факторов на физиологическое состояние работника, находящегося в зоне действия факторов производственной среды [3].

Для снятия этого противоречия предлагается вектор весовых нормирующих коэффициентов, который в транспонированном виде представляется строкой:

$$ВВК = [kC_1^1 \ kC_2^1 \ kC_3^1 \ kC_n^1 \ kL_{A1} \ ka_1 \ kk1g_1 \ kE \ экс_1 \ kчсс \ 1 \ kT^{\circ}C_1 \ kg \ 1 \ k\text{У} \ вер_1]$$

где: $kC_1^1, kC_2^1, kC_3^1, kC_n^1$ – нормирующие коэффициенты состояния загазованности производственной среды по газовым ингредиентам; kL_{A1} – нормирующий коэффициент шума производственной среды; ka_1 – нормирующий коэффициент вибрации, действующей на работника в производственной среде; $kk1g_1$ – нормирующий коэффициент ускорения, действующего на работника в производственной среде; $kE \ экс_1$ – нормирующий коэффициент освещенности; $kчсс \ 1$ – нормирующий коэффициент частоты сердечных сокращений; $kT^{\circ}C_1$ – нормирующий коэффициент температуры тела работника; $kg \ 1$ – нормирующий коэффициент электропроводности кожного покрова; $k\text{У} \ вер_1$ – нормирующий коэффициент положения тела работника.

В процессе нормализации обобщенную матрицу комплексной оценки состояния производственной среды и физиологического состояния работника ограничивают по количеству номеров отсчета в массиве накопленных данных величиной N , равной для наборов по всем вредным и опасным факторам производственной среды.

$$\text{КСФ} = \begin{bmatrix} C_1^1 & C_2^1 & C_3^1 & \dots & C_N^1 \\ C_1^2 & C_2^2 & C_3^2 & \dots & C_N^2 \\ C_1^3 & C_2^3 & C_3^3 & \dots & C_N^3 \\ C_1^k & C_2^k & C_3^k & \dots & C_N^k \\ t^\circ C_1 & t^\circ C_2 & t^\circ C_3 & \dots & t^\circ C_N \\ L_{A1} & L_{A2} & L_{A3} & \dots & L_{AN} \\ a_1 & a_2 & a_3 & \dots & a_N \\ k1g_1 & k2g_2 & k3g_3 & \dots & kNg_N \\ E \text{ экс }_1 & E \text{ экс }_2 & E \text{ экс }_3 & \dots & E \text{ экс }_N \\ \text{чсс } 1 & \text{чсс } 2 & \text{чсс } 3 & \dots & \text{чсс } N \\ T^\circ C_1 & T^\circ C_2 & T^\circ C_3 & \dots & T^\circ C_N \\ g \ 1 & g \ 2 & g \ 3 & \dots & g \ N \\ \text{¥ вер }_1 & \text{¥ вер }_2 & \text{¥ вер }_3 & \dots & \text{¥ вер }_N \end{bmatrix}$$

Суммируя члены данной матрицы по строкам и посредством деления на значение N , получим среднее значения вредных и опасных факторов и физиологических параметров человека на установленном интервале N .

$$\text{СКСФ} = \begin{bmatrix} SC_N^1 \\ SC_N^2 \\ SC_N^3 \\ SC_N^k \\ St^\circ C_N \\ SL_{AN} \\ Sa_N \\ Sk1g_N \\ SE \text{ экс }_N \\ S\text{чсс } N \\ ST^\circ C_N \\ Sg \ N \\ S\text{¥ вер }_N \end{bmatrix}$$

В сочетании с нормирующими коэффициентами средние значения вредных и опасных производственных факторов, и параметров физиологического состояния работника преобразуются в весовые значения, вес которых определяется степенью опасности для жизни и здоровья работника в данных производственных условиях.

Таким образом, предложенная математическая модель позволяет оценить комплексное воздействие вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени.

Математическая модель найдет применение в процессе разработки интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий [4].

Материалы подготовлены в рамках Гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук (конкурс МД-2018).

Список литературы

1. Захарьева С.Н., Еренев С.И. Оценка профессиональных и производственных факторов риска здоровью работников предприятий машиностроения // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2005. – №8(46). – С. 123-128.

2. ILO standards on occupational safety and health. Promoting a safe and healthy working environment. International Labour Conference. Geneva, Switzerland, 2009, 162 p.

3. Панарин В.М. Дистанционный контроль параметров микроклимата рабочей зоны с коррекцией по температуре // В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков, Л.В. Кашинцева // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2018. – Вып.3. – С.61-73.

4. Панарин В.М. Разработка интеллектуальной системы персонального мониторинга здоровья работников / В.М. Панарин, А.А. Маслова, Л.В. Кашинцева, К.В. Гришаков // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2018. – Вып.4.

СТОЙКИЕ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИЕ ПЕСТИЦИДЫ КАК ЗНАЧИМЫЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Л.Н. Савинова, А.С. Борисова, М.М. Каменских
Тульский государственный университет
г. Тула

Аннотация. В статье рассмотрены основные характеристики пестицидов, представлена классификация пестицидов по отношению к целевым организмам, по способу проникновения, по характеру и механизму воздействия на организмы, по химическому составу и по острой пероральной токсичности. Исследовано токсическое действие пестицидов, установлено, что экологическое значение как стойкие органические загрязнители имеют хлорорганические пестициды.

Пестициды определяют как химические вещества, обладающие теми или иными токсичными свойствами по отношению к тем или иным живым

организмам – от бактерий и грибковых организмов до растений и вредных теплокровных животных [1].

Первые пестициды включали соединения мышьяка, соли меди, известково-серные смеси. В Китае пестициды растительного происхождения – пиретрины, экстрагированные из цветков ромашек рода пиретрум, применяли более 2000 лет назад. В качестве пестицидов находили применение никотин (экстракт табака) и ротенон (экстракт корней дерриса) [2, 3].

В настоящее время природные пестициды почти повсеместно заменены синтетическими органическими соединениями, большинство из которых было специально разработано в соответствии с заданными токсикологическими свойствами. Первоначально широкое использование этих новых пестицидов было встречено с большим энтузиазмом: они обладали быстротой воздействия и высокой эффективностью против различных вредителей. Применение этих веществ позволило полностью предотвратить такие заболевания, как тиф и малярия, и способствовало увеличению производства пищевых продуктов. Однако к 70-м годам выяснилось, что эффективность пестицидов сопровождалась появлением некоторых отрицательных последствий [1].

Основными характеристиками пестицидов являются активность по отношению к целевым организмам, избирательность действия, безопасность для людей и окружающей среды.

Активность пестицидов зависит от их способности проникать в организм, передвигаться в нем к месту действия и подавлять жизненно важные процессы; от количества пестицида (измеряется дозой в мг на единицу веса организма) и времени его воздействия. Мера активности пестицида – ЛД₅₀ – доза, вызывающая гибель 50 % организмов.

Избирательность пестицида, способность уничтожать одни виды организмов, не затрагивая другие, зависит от различий в биохимических процессах, ферментах и субстратах у организмов разных видов и, следовательно, от неодинаковой их способности к поглощению пестицида и детоксикации.

Пестициды классифицируют относительно целевых организмов, по способу проникновения, по характеру и механизму воздействия на организмы, по токсичности и, наконец, по химическому составу. Классификация пестицидов приводится в таблице.

Классификация пестицидов

По отношению к целевым организмам

Инсектициды (средства борьбы с насекомыми); Инсектициды являются наиболее применяемой категорией пестицидов. Акарициды (средства борьбы с клещами); Гербициды (средства борьбы с нежелательной растительностью); Альгициды (средства борьбы с водорослями); Фунгициды (токсичны по отношению к грибковым организмам и применяются для защиты растений от болезней); Моллюсициды (моллюскоциды) (используют против улиток и слизней); Нематоциды (используют для ограничения количества микроскопических червей - нематод);
--

Зооциды (средства борьбы с вредителями из числа позвоночных);
Родентициды (эффективны против грызунов, относятся к зооцидам).

По способу проникновения

Контактные (проникающие через наружные покровы непосредственно при соприкосновении);
Кишечные (попадающие при заглатывании);
Системные (проникают в сосудистую систему, распространяются по ней и вызывают гибель вредителей и возбудителей болезней);
Фумигативного действия (проникающие через органы дыхания).

По характеру и механизму воздействия на организмы

Репелленты и антифиданты (вещества, способные отпугивать вредные организмы);
Аттрактанты (привлекающие вещества, которые используют для дезориентации, контроля или последующего уничтожения определенных видов животных);
Гормональные инсектициды и хемостерилизаторы (препятствуют нормальному развитию и размножению);
Регуляторы роста растений;
Дефолианты (вызывают опадение листьев растений);
Десиканты (вызывают высыхание растений перед уборочными работами).

По химическому составу

Неорганические (соединения меди, серы фтора, железа и др.);
Органические (хлорорганические, фосфорорганические, карбаматы, металлоорганические, синтетические пиретроиды, и др.);
Органические препараты растительного, бактериального и грибного происхождения (пиретрины, антибиотики, фитонциды).

По острой пероральной токсичности (измеряемой чаще всего на крысах)

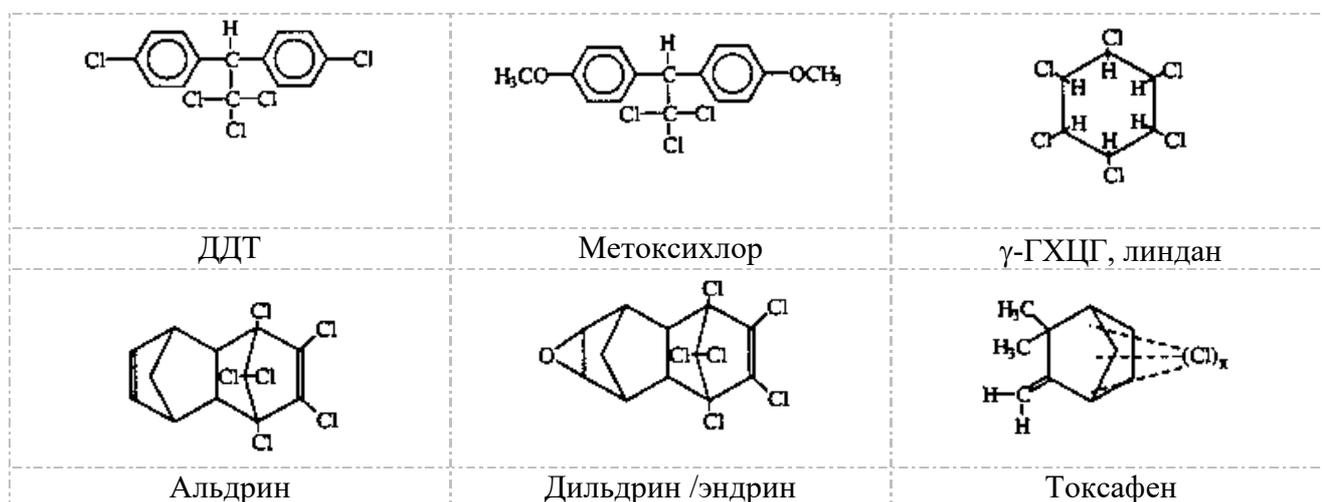
Россия		США	
Малоопасные;	ЛД ₅₀ св. 5000 мг/кг	Практически нетоксичные (Practically nontoxic);	ЛД ₅₀ > 1,5 · 10 ⁴ мг/кг
Умеренноопасные;	ЛД ₅₀ 150-5000 мг/кг	Малотоксичные (Slightly toxic);	ЛД ₅₀ - 5 · 10 ³ ÷ 1,5 · 10 ⁴ мг/кг
Высокоопасные;	ЛД ₅₀ 15-150 мг/кг	Умереннотоксичные (Moderately toxic);	ЛД ₅₀ - 500 ÷ 5000 мг/кг
Чрезвычайно опасные.	ЛД ₅₀ 15-150 мг/кг	Высокотоксичные (Very toxic);	ЛД ₅₀ - 50 ÷ 500 мг/кг
	ЛД ₅₀ до 15 мг/кг	Чрезвычайно токсичные (Extremely toxic);	ЛД ₅₀ - 5 ÷ 50 мг/кг
		Супертотксичные (Supertoxic)	ЛД ₅₀ < 5 мг/кг

Химические соединения обычно воздействуют на живые системы или на другие соединения способом, который обусловлен их химическим составом и молекулярной структурой. Учитывая масштабы применения и воздействия на окружающую среду, особое экологическое значение имеют хлорорганические, фосфорорганические пестициды, пестициды на основе карбаматов и на основе хлорфенольных кислот [1].

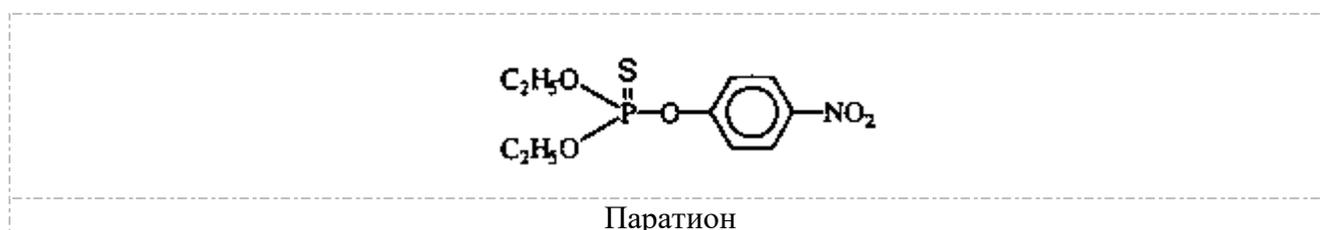
Известными представителями хлорорганических пестицидов являются: ДДТ, метоксиклор, ГХЦГ, альдрин, дильдрин, хлордан, токсафен и др.

За открытие инсектицидных свойств ДДТ П. Мюллер в 1948 удостоен Нобелевской премии. ДДТ обладает широким спектром действия против вредителей сельскохозяйственных культур, также нашел применение в здравоохранении для подавления очагов малярии и сыпного тифа.

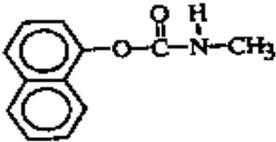
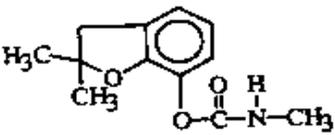
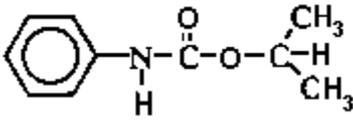
В связи со способностью к накоплению в жировых тканях человека и животных и чрезмерной устойчивостью к разложению в окружающей среде применение ДДТ в сельском хозяйстве ряда стран запрещено (в СССР с 1970 г., в США -1972 г.).



Фосфорорганические инсектициды – одна из наиболее важных групп современных инсектицидов по масштабам производства и числу выпускаемых препаратов. Включают, в том числе, паратион, малатион (карбофос).

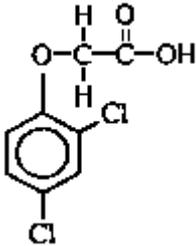
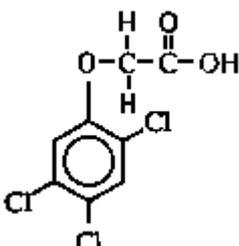


Наиболее важные представители карбаматов (производных карбаминовой кислоты) – карбарил (севин), используемый для обработки многих сельскохозяйственных культур и карбофуран – системный инсектоакарицид и нематоцид.

		
Карбарил	Карбофуран	ИФК

В группу арилоксиалканкарбоновых кислот входит ряд системных гербицидов ауксиноподобного действия; 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота, или 2,4-Д в больших масштабах используется для уничтожения двудольных сорняков в посевах зерновых культур.

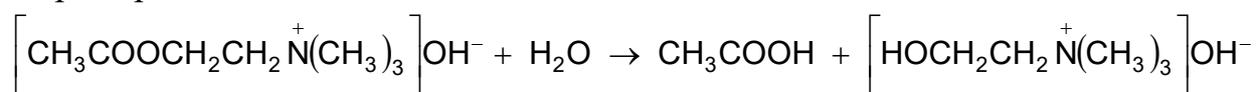
Эффективный гербицид 2,4,5-трихлорфеноксиуксусная кислота, или 2,4,5-Т в России и ряде других стран не разрешен, т.к. при его синтезе возможно образование примеси токсичного тетрахлордibenзо-*p*-диоксина.

	
2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота, или 2,4-Д	2,4,5-трихлорфеноксиуксусная кислота, или 2,4,5-Т

Токсическое действие органических пестицидов.

Действие пестицидов согласуется с их химической природой.

Фосфорорганические пестициды в большинстве своем отличаются повышенной токсичностью, что выражается в ингибирующем действии инсектицидов на фермент ацетилхолинэстеразу (AChE, АХЭ) путем фосфорилирования. Ацетилхолинэстераза – фермент класса гидролаз, катализирующий гидролиз ацетилхолина, а также других эфиров холина, например:



Обычно АХЭ разрушает ацетилхолин после передачи нервного импульса от одного нервного волокна к другому (вдоль синаптического промежутка). Результатом нарушения этой нормальной деятельности фермента является накопление ацетилхолина и образование посторонних нервных импульсов, которые разрушают нормальную функцию. Следствием является содрогание, конвульсии, паралич и смерть. [1,3]. Многие фосфорорганические инсектициды под действием ферментов оксидаз окисляются, превращаясь в более сильные ингибиторы АХЭ, т. е. активируются.

Пестициды из групп карбаматов также нарушают деятельность фермента ацетилхолинэстеразы путем карбамоилирования, но являются инсектицидами прямого действия – не активируются в организме.

Никотин и производные нерестиоксина, взаимодействуют не с АХЭ, а с находящимися в постсинаптических мембранах рецепторами, которые вследствие этого теряют способность воспринимать поступающий импульс.

Механизм токсического действия хлорорганических инсектицидов недостаточно ясен. [1]. ДДТ и родственные ему хлорорганические соединения, взаимодействуя с мембранами нервных клеток, изменяют, по-видимому, их проницаемость для ионов и нарушают баланс концентраций ионов K^+ и Na^+ , необходимый для создания электрического потенциала и передачи нервного импульса по аксонам (проводящим отросткам нервных клеток) [3]. Нарушения выражаются в появлении содроганий и конвульсий, приводя к смерти. Однако насекомые, устойчивые к ДДТ, нередко остаются чувствительными к другим хлорорганическими инсектицидам, что указывает на определенное различие в механизмах их действия.

Пиретрины и пиретроиды нарушают процесс передачи нервных импульсов как в аксонах (подобно ДДТ), так и в синапсах; их действие не связано с ингибированием АХЭ и затрагивает периферическую и центральную нервную систему.

Существуют инсектициды, действие которых основано на ингибировании внутриклеточных окислительных процессов (нитрофенолы, арсенаты, ротенон), а также вещества, регулирующие рост и развитие насекомых.

Токсичность пестицидов имеет экологическое значение, так как пестициды могут быть эффективны не только против целевых организмов, но представлять угрозу всему биотическому сообществу.

Многие пестициды токсичны для людей и теплокровных. Для практического использования выбирают наиболее безопасные инсектициды, которые быстро разрушаются в организме теплокровных на нетоксичные или малотоксичные соединения и обладают высоким ЛД₅₀, а в организме насекомых, напротив, разрушаются медленно или даже активируются и обладают для них высокой токсичностью.

Другой значимой характеристикой при определении степени воздействия пестицида на окружающую среду является персистентность – сопротивляемость разрушению, способность сохраняться в окружающей среде, не теряя своей биологической активности. Это свойство определяет стойкость, которая равна времени, необходимому для того, чтобы пестицид потерял не менее 95 % своей активности при нормальных условиях и обычной интенсивности применения. Считают, что активность теряется полностью, когда пестицид разлагается, т.е. дезактивируется с помощью химических или биологических процессов. Нестойкие пестициды остаются в окружающей среде в течение 1-12 недель, пестициды средней стойкости сохраняются 1-18 месяцев и стойкие пестициды – 2 года и более [1]. Очевидно, если разложение происходит быстро, пестицид практически не накапливается в окружающей среде.

Из широко используемых пестицидов только хлорорганические пестициды относятся к группе стойких (обладают высокой персистентностью). Период полураспада ДДТ, например, составляет несколько лет, он устойчив к химическому разрушению и обнаружен на всех уровнях биосферы и во всех частях света.

Высокая персистентность хлорорганических инсектицидов, как и других хлорсодержащих стойких органических загрязнителей (СОЗ), связана с тем, что их разложение в окружающей среде происходит в результате биологического процесса постепенного замещения атомов хлора на атомы водорода. Этот процесс затруднен в случае молекул с высоким содержанием атомов хлора.

Таким образом, именно хлорорганические пестициды, распад которых занимает десятилетия, обладают высокой персистентностью и склонностью к биоаккумуляции, относятся к группе стойких органических загрязнителей (СОЗ), имеют особое экологическое значение.

Список литературы

1. Бокрис Дж.О.М. *Химия окружающей среды: Пер. с англ./ Под ред. Цыганкова А.П.* - М.: Химия, 1982. - 672 с.
2. Manahan, Stanley E., *Environmental Chemistry, 6th ed., Lewis Publishers /CRC Press, Inc, Boca Raton, Florida, 1994.* - 811 p.
3. Manahan, Stanley E., *Toxicological Chemistry, 2nd ed., Lewis Publishers /CRC Press, Inc, Boca Raton, Florida, 1992.* - 449 p.
4. Агапкина Г.И. и [др.]. *Приоритетные органические загрязнители в почве дендропарка Ботанического сада МГУ имени М.В. Ломоносова. Сообщение 3. // Вестник Московского университета. Сер.17. Почвоведение. - 2015. - N4. - С.49-56.*

ПРИМЕНЕНИЕ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ В АРХИТЕКТУРЕ

Ю.Н. Пушилина

Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы важности и необходимости применения зеленых насаждений в городских условиях. Особое внимание уделено благоустройству и формированию «зеленой территории».

Зеленые насаждения имеют архитектурно-планировочное значение. В обогащении архитектурного облика застройки жилых районов и микрорайонов важная роль отводится ландшафту. Наряду с выразительностью застройки и пластикой малых архитектурных форм природные условия оказывают важное влияние на общее эстетическое восприятие. С помощью ландшафта можно заметно обогатить облик города, придать черты индивидуальной выразительности любому району города. В слиянии с природой оживают традиции древнерусского градостроительства. Использование имеющегося холмистого рельефа, живописных очертаний берегов рек и водоемов, крупных массивов зеленых насаждений, оврагов, ручейков, скопления валунов и других, пусть даже невзрачных с первого взгляда элементов ландшафта приводит к неповторимой живописности и выразительности природы. В случае необходимости природная среда обогащается элементами ландшафтной

архитектуры. Все это придает своеобразие силуэту и панораме отдельных районов и города в целом.

Озеленение обладает неограниченным многообразием цветовых оттенков, изменяющихся во времени и пространстве. Зелень в любое время года действует на человека умиротворяюще. Деревья, кустарники, цветы украшают нашу жизнь. Велика сила их эстетического воздействия на человека. Современный уровень цивилизации удалил человека от природы, поэтому теперь человеку ее особенно не хватает.

Зелень всегда приятна для глаза, она оживляет силуэты каменных городов. С помощью озеленения можно объединить воедино и создать композиционно целое из отдельных зданий. При правильном подборе ассортимента деревьев и кустарников, вьющихся растений, цветов и газона можно искусственно создать разные цветовые гаммы, выразительные сочетания растений по их формам, очертанию, структуре, объему.

Архитектурно-художественный облик города, как и качество его среды, во многом зависят от площади озеленения территорий, находящихся в его пределах. Они оказывают также значительное влияние на возможности организации полноценного отдыха городских жителей, на их психологическое состояние. Неоднократно отмечалось, что жители оценивают облик города более высоко, когда есть достаточная площадь озелененных территорий. Именно поэтому градостроительные нормы всегда предусматривали определенную площадь озеленения на одного жителя, а также еще дополнительное количество зелени. К этому необходимо добавить озеленение санитарно-защитных зон (размеры, которых устанавливаются в соответствии с классом вредности предприятия или транспортной магистрали), а так же ботанические сады, зоопарки, лесопарки. Насаждения общего пользования представлены на схеме.



Насаждения общего пользования

Большое значение имеет рациональный характер использования природных компонентов, правильное распределение посетителей и зонирование, мастерство в формировании пейзажей и отдельных сооружений. Велика

ценность естественного природного ландшафта: эта среда считается идеальной для полного восстановления физических и нравственных сил. Поэтому уже многие десятилетия существует стремление сохранить естественные лесные массивы, включая их в городские границы при развитии города и использовать в дальнейшем в качестве парков.

Формирование «зеленой территории» в центре города – это средство создания архитектурного пространства, продолжающего и развивающего ансамбль города. В этом случае природные элементы: рельеф, вода, насаждения – дополнение к открытой архитектурной композиции.

Благоустройство и озеленение является важнейшей сферой деятельности муниципального хозяйства. Именно в этой сфере создаются те условия для населения, которые обеспечивают высокий уровень жизни. Тем самым, создаются условия для здоровой комфортной, удобной жизни как для отдельного человека по месту проживания, так и для всех жителей города, района, квартала, микрорайона.

Велико и многообразно значение зеленых насаждений в окружающей среде. Они играют значительную роль в формировании окружающей человека среды, так как обладают свойствами улучшать санитарно-гигиеническую обстановку. Насаждения снижают силу ветра, регулируют тепловой режим, очищают и увлажняют воздух, что имеет огромное оздоровительное значение. Зеленые насаждения – наилучшая среда для отдыха населения городов и поселков, для организации различных массовых культурно-просветительных мероприятий. Создание насаждений – это не только средство улучшения санитарно-гигиенических условий жизни в отдельных населенных пунктах, но и один из основных методов коренного преобразования природных условий целых районов. Видное место насаждения занимают в инженерном благоустройстве городов, так как с их помощью регулируется движение на автомагистралях, ведется борьба с оврагообразованием, осуществляется мелиорация.

Значительную роль играют зеленые насаждения в архитектуре города. Они служат прекрасным средством обогащения, а нередко и формирования ландшафта города и занимают ведущее место в решении архитектуры парков и садов.

Таким образом, растительность может быть использована в архитектурном и планировочном решении каждого города для самых различных целей. Благодаря большому архитектурно-планировочному и санитарно-гигиеническому значению зеленые насаждения являются одним из основных слагаемых, образующих комплекс города или поселка.

Список литературы

1. *Пушилина Ю.Н. Экологические основы архитектурного проектирования: учеб. Пособие / Ю.Н. Пушилина. – Тула: Аквариус, 2015. – 300с.*
2. *Пушилина Ю.Н. Экологическая безопасность в строительстве: учеб. Пособие / Ю.Н. Пушилина. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. – 240с.*
3. *Озеленение населённых мест [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dic.academic.ru>, свободный. (Дата обращения 5.10.2015г.).*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СЕКЦИИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ НА УСТАНОВКЕ ЛК-6Ус

М.В. Канищев¹, В.П. Мешалкин², Л.М. Ульев¹

¹ ООО «РусЭнергоПроект»,

г. Москва

² Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,

г. Москва

***Аннотация.** В работе исследуется энергоэффективность секции первичной переработки нефти комбинированной установки ЛК-6Ус. С помощью построения составных кривых технологических системы потоков определены текущие значения полезной нагрузки горячих и холодных утилит, определено значение мощности тепловых потерь в окружающую среду от системы рекуперации тепловой энергии и трансферных труб секции. Вычислено значение индекса потенциала повышения энергоэффективности процесса, $\varepsilon_{ef} = 0.39$, которое является абсолютной характеристикой совершенства рассматриваемого процесса. Определено значение индекса потенциала энергоэффективности для проекта экономически оптимальной реконструкции секции – $\varepsilon_{efopt} = 0.35$. Показано, что эта величина, также, как значение чистого дисконтированного дохода и внутренней нормы рентабельности не являются абсолютными характеристиками процесса, а во многом определяются конъюнктурой рынка.*

Введение

На нефтеперерабатывающих заводах используется большое число процессов переработки сырья и продуктов, многие из которых имеют большое энергопотребление, но низкую энергоэффективность. Для повышения конкурентоспособности и рентабельности предприятий необходимо производить модернизацию производства с целью повышения энергоэффективности в том числе. Чтобы выбрать процессы, которые нуждаются в модернизации в первую очередь, необходимо разработать единые критерии оценки энергоэффективности энергопотребления для промышленных процессов.

Конечно, установки, перерабатывающие одно сырье или производящие один продукт можно сравнивать по удельным показателям, но эти значения не показывают на сколько может быть уменьшено энергопотребление на установке, ли на сколько глубоко установка может быть модернизирована. Можно также сравнивать энергоэффективность процессов с показателями эталонных установок, выбранных по наилучшим доступным технологиям (НДТ) [1]. Но есть вероятность, что сами эталоны НДТ нуждаются в модернизации.

Сравнение различных технологических процессов возможно только по величине экономической прибыли после модернизации, но для этого необходимо определить глубину такой модернизации. Существующие методы сравнительной оценки, основанные на НДТ [1] не дают такой возможности. Поэтому в данной работе получили дальнейшее развитие методы сравнительной оценки энергоэффективности, основанные на принципах пинч анализа [2].

В работах [3, 4] сформулированы основные критерии такой оценки, основная идея которой состоит в сравнении реального энергопотребления технологического процесса с энергопотреблением доступном для технически достижимой максимальной мощности рекуперации тепловой энергии в процессе. При этом возможность модернизации утилитной системы исключается из рассмотрения, но при необходимости, снижение энергопотребления за счет модернизации утилитной системы может быть включено в анализ энергоэффективности процесса.

В работе [3] представлены определения основных индексов энергоэффективности, но без учета возможности исключения тепловых потерь в окружающую среду от системы рекуперации тепловой энергии и трансферных труб. В работе [4] расчет индексов энергоэффективности применительно к секции каталитического риформинга с предварительной гидроочисткой на установке ЛК-6Ус выполнен с учетом возможности исключения тепловых потерь, но без анализа результатов и без рассмотрения альтернативных вариантов.

Поэтому в настоящей работе получил дальнейшее развитие метод сравнительной оценки энергоэффективности, основанный на правилах интеграции процессов с применением к работающей секции первичной переработки нефти на комбинированной установке ЛК-6Ус.

В работе [5] проведен пинч анализ системы теплообмена установки первичной переработки нефти в различных режимах работы, сделаны оценки целевых значений энергопотребления необходимые для пинч проектирования. В работе [6] определен потенциал повышения энергоэффективности установки с использованием методов пинч анализа для установки первичной переработки нефти АВТ А12/2; разработан проект оптимальной энергоресурсоэффективной реконструкции установки с последующим инженерным моделированием. Рассчитаны внешние тепловые потери для наиболее точного определения полезной тепловой нагрузки трубчатых печей. Но в этих работах не рассматривались методы сравнительного анализа.

Характеристика процесса

Секция первичной переработки нефти (ЭЛОУ–АТ–6) является головной секцией, комбинированной установки ЛК–6Ус. В состав секции входит процесс электрообессоливания и обезвоживания сырой нефти, процессы атмосферной перегонки обессоленной нефти и стабилизации прямогонного бензина. Номинальная мощность секции на момент обследования равнялась 7 млн. тонн/год по перерабатываемой нефти. В системе теплообмена этой секции участвуют 28 технологических потоков (рис. 1).

Определение величины мощности рекуперации тепловой энергии [4] в рассматриваемой секции, $Q_{Hrec} \approx 122,2$ МВт позволило, с помощью программного комплекса Pinch–SELOOP [7], построить составные кривые технологических потоков секции первичной переработки нефти [8] и определить полезную нагрузку холодных и горячих утилит, минимального температурного напора в системе теплообмена, характерного для вертикального теплообмена [2].

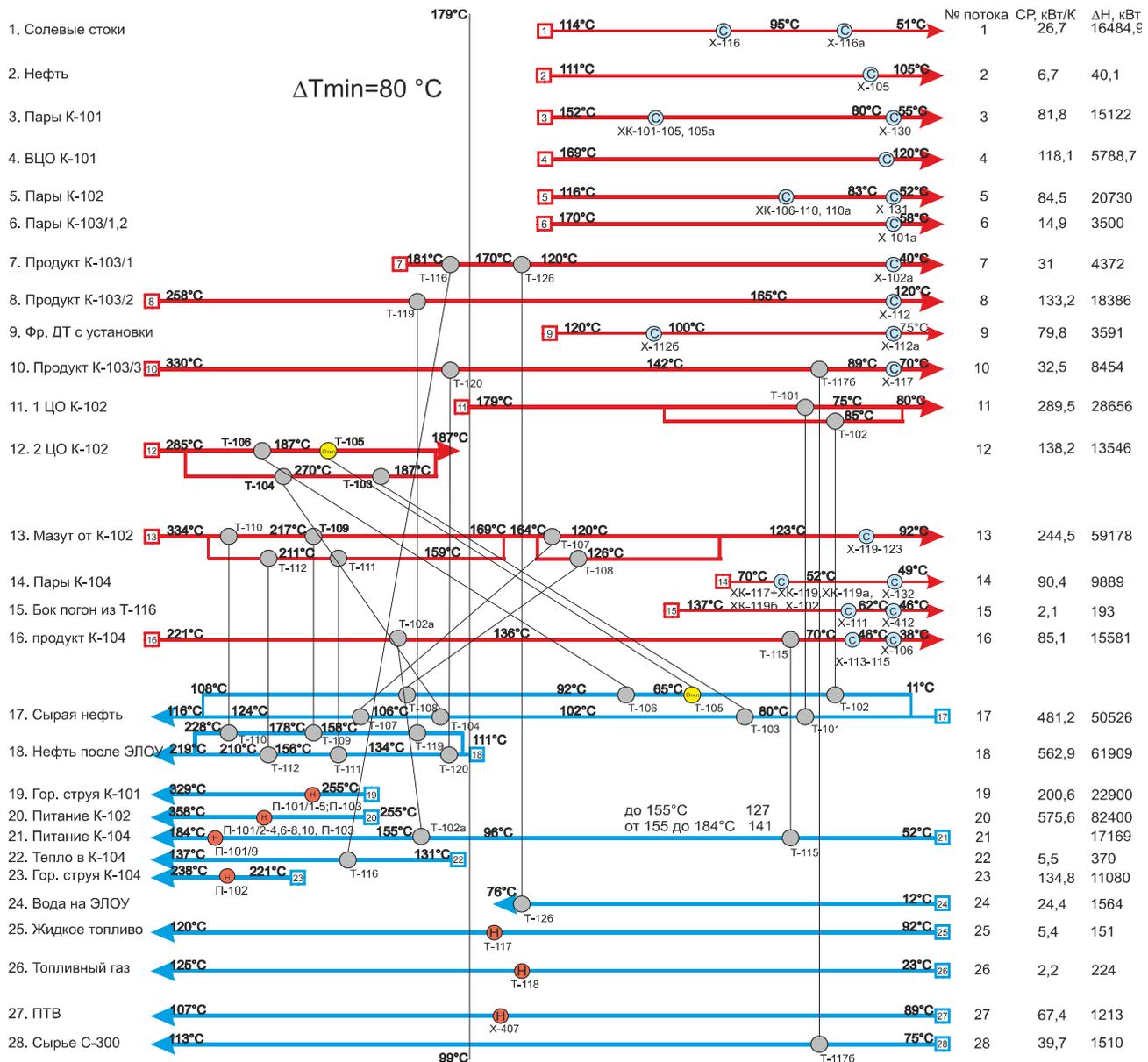


Рис. 1. Сеточная диаграмма секции первичной переработки нефти на комбинированной установке ЛК-6Ус. CP – потоковая теплоемкость; ΔH – изменение потоковой энтальпии; T – теплообменник; H – горячая утилиты; C – холодная утилиты

В настоящее время полезная нагрузка на горячие утилиты секции равна $Q_{HminReal} \approx 128,8$ МВт, а на холодные $Q_{CminReal} \approx 86,5$ МВт (рис. 2). Текущее значение минимальной разности температур теплоносителей для вертикального теплообмена равна $\Delta t_{min} = 80^\circ\text{C}$.

В работе [4] авторами предложен метод вычисления индекса потенциала увеличения энергоэффективности с учетом возможности устранения тепловых потерь в окружающую среду для эталонной установки. Текущая полезная мощность горячих утилит Q_{Hmin} содержит и мощность тепловых потерь в системе теплообмена процесса. При модернизации установки до эталонного значения энергопотребления с устранением тепловых потерь, технологические параметры потоков не изменятся. В то же время, мощность, которая в настоящее время теряется в окружающую среду будет рекуперироваться холодными технологическими потоками, что приведет к снижению полезной нагрузки на

горячие утилиты, которая будет показана на диаграмме составных кривых эталонной установки. Следует отметить, что исключение тепловых потерь из существующей системы теплообмена приведет к снижению полезной нагрузки горячих утилит и для существующей системы теплообмена процесса первичной переработки нефти.

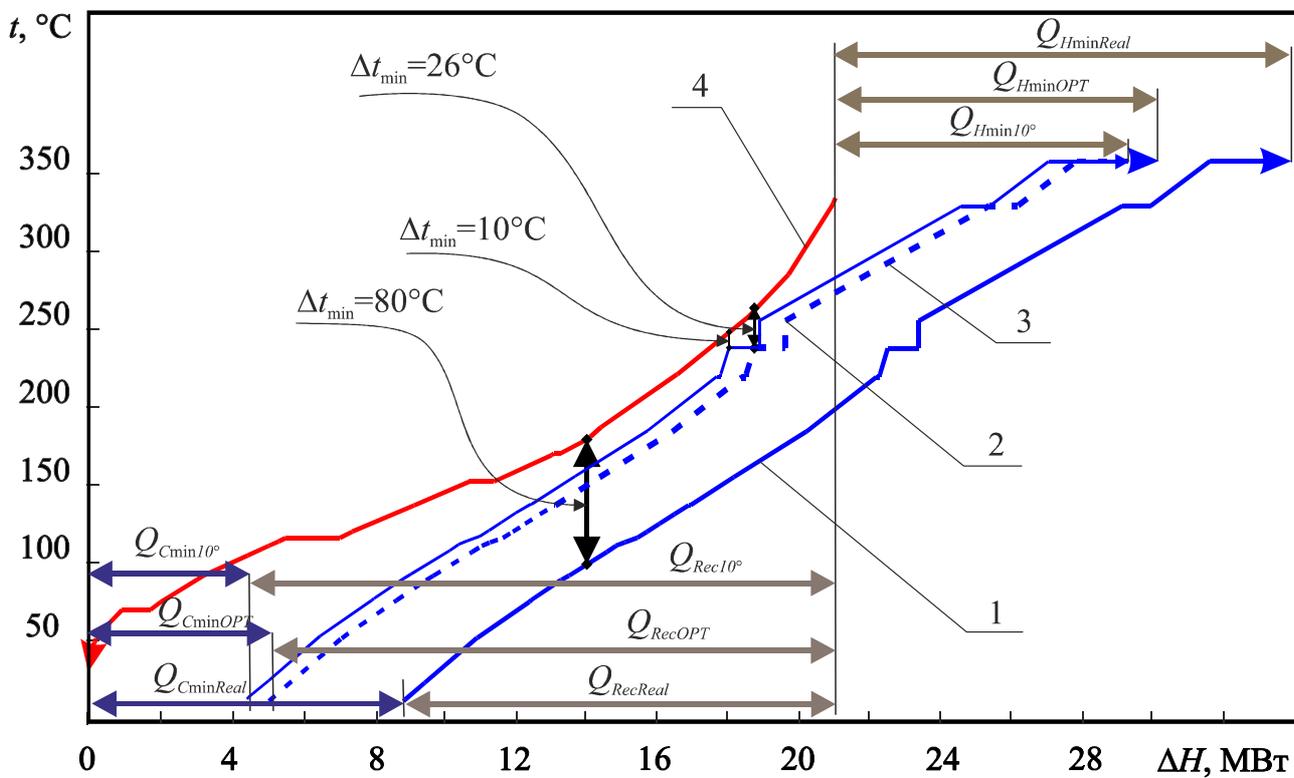


Рис. 2. Составные кривые секции первичной переработки нефти. 1 – холодная составная кривая для существующей системы теплообмена; 2 – холодная составная кривая $\Delta t_{\min} = 26^\circ$; 3 – холодная составная кривая для $\Delta t_{\min} = 10^\circ$; 4 – горячая составная кривая технологических процессов. $Q_{H\min Real} = 128,8$ МВт; $Q_{H\min OPT} = 92$ МВт; $Q_{H\min 10^\circ} = 83,2$ МВт; $Q_{C\min Real} = 86,5$ МВт; $Q_{C\min OPT} = 51,7$ МВт; $Q_{C\min 10^\circ} = 43,1$ МВт; $Q_{Rec Real} = 124,2$ МВт; $Q_{Rec OPT} = 159$ МВт; $Q_{Rec 10^\circ} = 167,8$ МВт.

С помощью зависимостей, полученных в работе [4] определена общая мощность тепловых потерь в окружающую среду от нагретых поверхностей на секции первичной переработки нефти, которая составила значение $Q_{HPотери F} \approx 8.2$ МВт, а также получено распределение тепловых потерь по объектам секции (рис. 3). Наибольшая доля тепловых потерь приходится на изолирующие поверхности печей $Q_{HPотери SF} \approx 4.0$ МВт. Следовательно, мощность тепловых потерь от системы технологических потоков, включающей трансферные трубы и систему теплообмена равна, $Q_{HPотери} \approx 4.2$ МВт.

В настоящей работе энергоэффективная модернизация утилитной системы не рассматривается, а рассматривается только полезная тепловая мощность, потребляемая технологическими потоками от утилитной системы. В секции первичной переработки нефти комбинированной установки ЛК-6Ус за счет установки теплоизоляции можно увеличить мощность рекуперации тепловой энергии на 4.2 МВт, что позволит сократить полезную нагрузку на горячие утилиты на эту же величину.

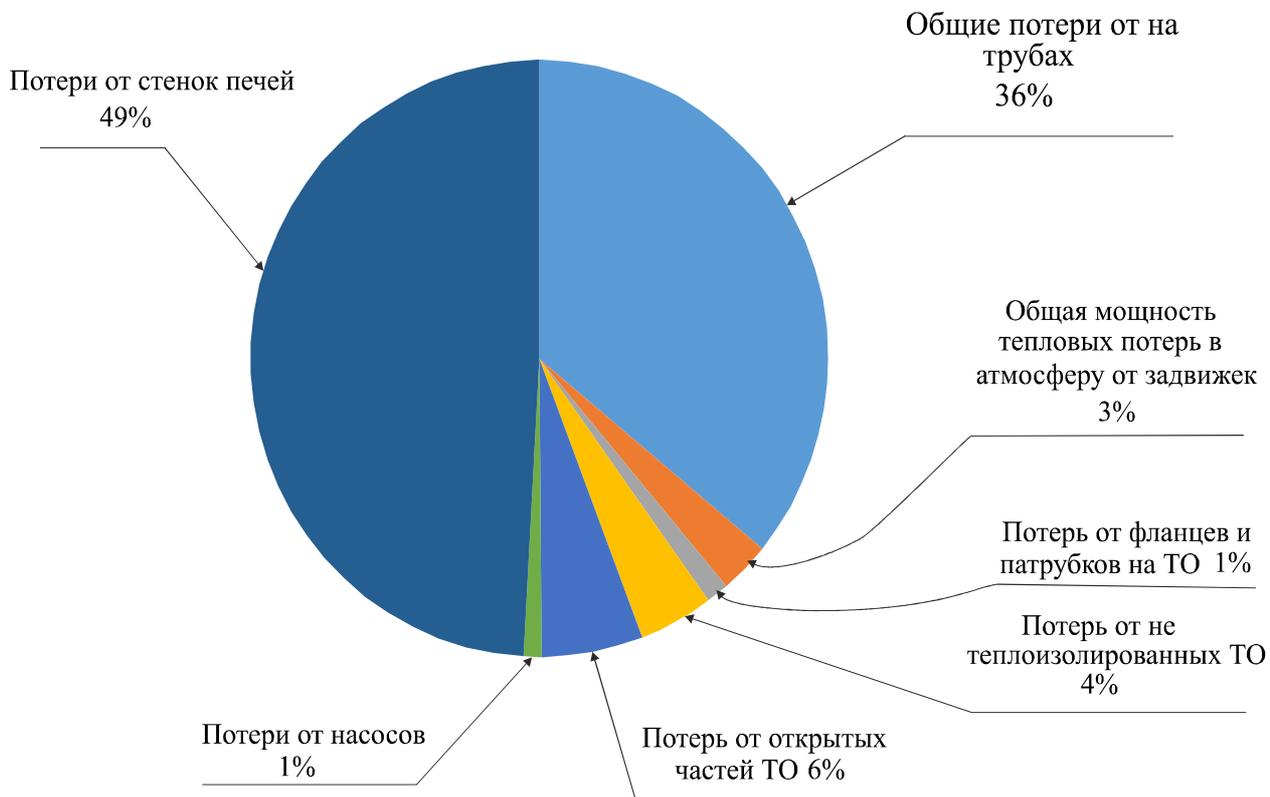


Рис. 3. Распределение тепловых потерь в окружающую среду по объектам секции первичной переработки нефти

Расчет индекса повышения потенциала энергоэффективности установки

В работах [3, 4] авторы предложили для сравнительного анализа нефтеперерабатывающих установок использовать в качестве эталонных установок, рассматриваемую установку при минимальной разности температур между теплоносителями в теплообменном оборудовании для вертикального теплообмена равной $\Delta t_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$, что технически достижимо на современных теплообменных аппаратах. Построение составных кривых технологических потоков секции первичной переработки нефти для $\Delta t_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$ (рис. 4) позволяет определить полезную нагрузку на горячие утилиты эталонной установки в предположении, что мощность тепловых потерь в окружающую среду остается прежней. В этом случае полезная мощность горячих утилит определится величиной $Q_{H\min 10^{\circ}} \approx 83,2$ МВт, холодных $Q_{C\min 10^{\circ}} \approx 43,1$ МВт, а мощность рекуперации тепловой энергии $Q_{Rec 10^{\circ}} \approx 167,8$ МВт.

Но при вычислении индекса потенциала увеличения энергоэффективности [4] считается, что на эталонной установке тепловые потери в окружающую среду отсутствуют, т.е. полезная мощность горячих утилит на эталонной установке будет составлять значение $Q_{H\min(bench)} \approx 83,2 - 4,2 = 79$ МВт, холодных утилит $Q_{C\min(bench)} \approx 38,9$ МВт, а мощность рекуперации тепловой энергии $Q_{Hrec(bench)} \approx 171,4$ МВт.

Эти значения позволяют вычислить индекс потенциала увеличения энергоэффективности секции первичной переработки нефти на комбинированной установке ЛК–6Ус [4]:

$$\varepsilon_{ef} = \frac{Q_{H\min(real)} - Q_{H\min(bench)}}{Q_{H\min(real)}} = \frac{128,8 - 79}{128,8} = 0,39, \quad (1)$$

Если не учитывать снижение энергопотребления за счет исключения тепловых потерь в окружающую среду, значение индекса потенциала увеличения энергоэффективности будет равно $\varepsilon'_{ef} = 0,35$, т.е. совершенствование теплоизоляционных свойств системы теплообмена секции может увеличить ее энергоэффективность на 4 %.

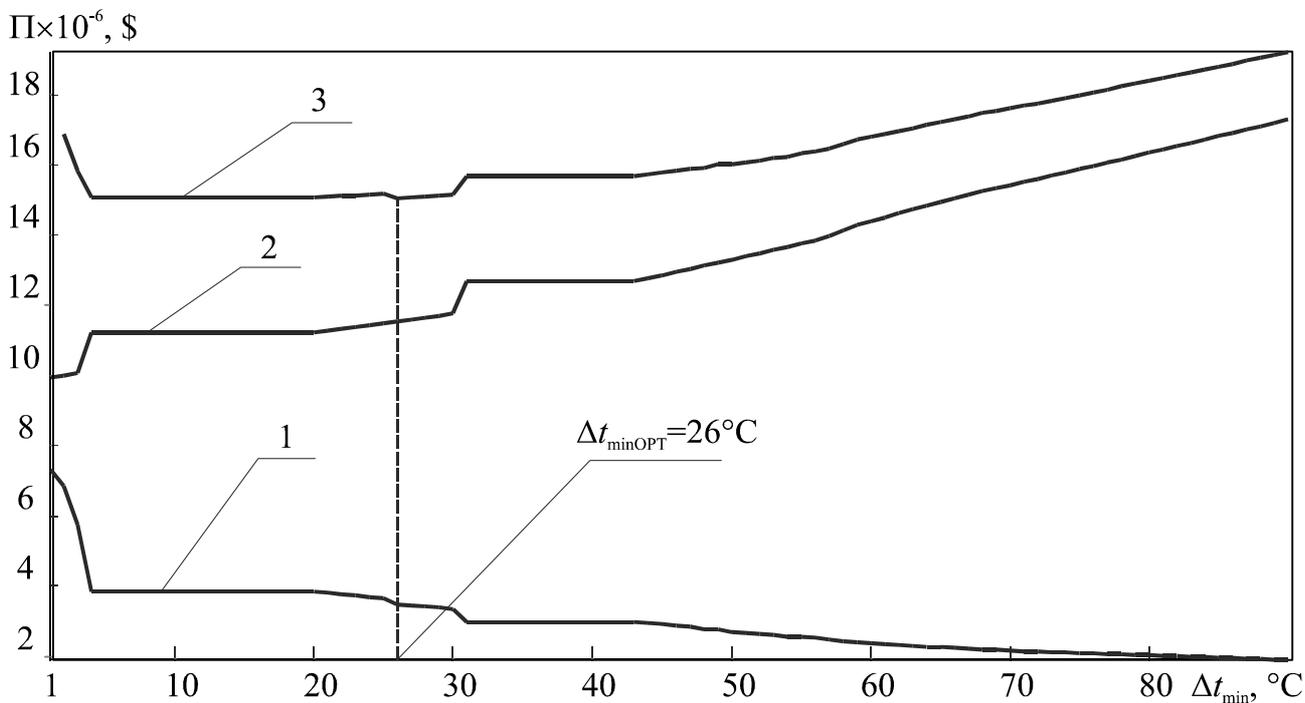


Рис. 4. Стоимостные кривые проектов реконструкции для секции первичной переработки нефти комбинированной установки ЛК-6Ус. 1 – Дисконтированные капитальные вложения в реконструкцию теплообменной системы секции; 2 – годовая стоимость энергии, необходимой для эксплуатации секции; 3 – Общая приведенная стоимость проекта реконструкции теплообменной системы секции

Определенный индекс (1) достаточно высок, но он ниже чем индекс секции каталитического риформинга этой же установки [4]. Индекс ε_{ef} отражает, прежде всего, техническое совершенство рассматриваемого процесса на обследуемой установке и возможность его усовершенствования. Но он не отражает экономические аспекты энергоэффективности процесса. Чтобы определить экономически оптимальное значение индекса увеличения потенциала энергоэффективности процесса необходимо определить полезную нагрузку горячих утилит для процесса с системой теплообмена, проект которой будет иметь минимальную приведенную стоимость. Для этого мы с помощью программного комплекса Pinch-SELOOP [7] построим стоимостные кривые [2] реконструкции системы рекуперации тепловой энергии, рассматриваемой секции.

Исходными данными в этом случае служат стоимость установленного теплообменного оборудования, которая получена с помощью регрессионного анализа стоимости установленных теплообменных аппаратов на 8 Российских по зависимости [2]:

$$\Pi_{HE} = A + B(S)^c, \quad (2)$$

где $A = 40000$ долл. США – стоимость установки теплообменника вместе с арматурой и доставкой; $B = 1000$ долл. США – стоимость 1 м^2 теплообменной поверхности, S ; $c = 0,87$ – показатель нелинейной зависимости стоимости теплообменного аппарата от его поверхности теплообмена. Характерная стоимость горячих утилит на Российских НПЗ составляет значение ~ 120 долл. США за 1 кВт год, холодных ~ 10 долл. США за 1 кВт год, а величина кредитной ставки составляет значение 20 % сроком на 10 лет.

В итоге получаем, что минимальная приведенная стоимость наблюдается для проекта реконструкции системы теплообмена с минимальной разностью температур $\Delta t_{\min} = 26^\circ\text{C}$. Построение составных кривых технологических потоков для этой разности температур показывает, что полезная нагрузка на горячие утилиты будет равна $Q_{H\min \text{ OPT}} \approx 92$ МВт. Следовательно, индекс увеличения потенциала энергоэффективности для проекта оптимальной реконструкции будет равен $\varepsilon_{ef\text{OPT}} \approx 28,6$. Это значение, полученное для $\Delta t_{\min} = 26^\circ\text{C}$ меньше, чем величины (1) и (2), полученные для $\Delta t_{\min} = 10^\circ\text{C}$.

Значение $\varepsilon_{ef\text{opt}}$ не является постоянной величиной, поскольку зависит от конъюнктуры рынка также, как значение чистого дисконтированного дохода (NPV), внутренней нормы рентабельности (IRR) ранее рассмотренные в [3]. В то же время величина ε_{ef} (1) является абсолютной и показывает степень совершенства рассматриваемого процесса. Поэтому значение ε_{ef} предложено в качестве сравнительного индекса для оценки энергоэффективности установок перерабатывающих отраслей промышленности и в частности нефтеперерабатывающих установок.

Заключение

В работе на основе методов пинч анализа предложен сравнительный метод определения энергоэффективности установок перерабатывающей промышленности. Для этого определены основные характеристики эталонной установки и предложен сравнительный индекс, который показывает потенциал увеличения энергоэффективности установки, является абсолютной характеристикой, показывающей степень энергетического совершенства процесса.

Список литературы

1. Мешалкин В.П. *Ресурсоэнергоэффективные методы энергообеспечения и минимизации отходов нефтеперерабатывающих производств. Основы теории и наилучшие практические результаты* / В.П. Мешалкин. – М.; Гелюя: Химия, – 2010. – 393 с.
2. Смит Р. *Основы интеграции тепловых процессов* / Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2000. – 458 с.
3. Kanischev Maxim. V. *Benchmarking for Refinery Units* / Maxim. V. Kanischev, Leonid. M. Ulyev, Roman. E. Chibisov, Mihail. A. Vasilyev / *Chemical Engineering Transactions*. – 2018. – Vol. 70. – P. 1099–1104.
4. Канищев М.В. *Определение потенциала энергоэффективности нефтеперерабатывающих установок* / М.В. Канищев, В.П. Мешалкин,

Л.М. Ульев // *Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады XXV международной научно-практической конференции; под общ. ред. В.М. Панарина.* – Тула: Инновационные технологии, – 2019. – С. 136-145.

5. *Tovazshneanski L.L. Energy Integration of the Early Crude Oil Unit with Take into Account Different regime / L.L. Tovazshneanski, P.A. Kapustenko, L.M. Ulyev, S.A. Boldyryev, M.V. Tarnovsky // Chemical Engineering Transactions – 2005, – Vol. 7. – P. 103–108.*

6. Мешалкин В.П. *Энергоэффективная реконструкция установки нефтепереработки на основе пинч-анализа с учетом внешних потерь / В.П. Мешалкин, Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, Ульев Л.М., Л.А. Мельниковская, С.М. Ходченко // Теоретические основы химической технологии. – 2012. – Т. 46, – №5. – С. 491-500.*

7. Ульев Л.М. *Программа Pinch – SELOOP для выполнения Пинч и SELOOP – анализа на промышленных и коммунальных предприятиях / Л.М. Ульев, Р.Е. Чибисов, М.В. Канищев. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2019614449 от 04.04.2019г.*

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ И БЛАГОУСТРОЙСТВУ СРЕДЫ, ОКРУЖАЮЩЕЙ ЧЕЛОВЕКА

Ю.Н. Пушилина

Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы комплексного подхода к созданию и благоустройству территории. проведен небольшой экскурс в историю вопросов озеленения, сформулированы проблемы и их решения по озеленению урбанизированных территорий.*

Благоустройство окружающей среды – это совокупная деятельность по благоустройству территорий муниципальных образований, изменению (реконструкции), поддержанию в надлежащем состоянии внешнего вида зданий, сооружений и объектов благоустройства, формирующая комфортную среду жизнедеятельности.

Объектами благоустройства являются различные типы открытых пространств и их окружения: парки, сады, скверы, набережные, бульвары, площади, улицы (в т.ч. пешеходные), дворы, пляжи, аквапарки и др.; внешний вид фасадов зданий и сооружений (в т.ч. временных); временные сооружения и их комплексы – торговые киоски, павильоны, стационарные лотки, мини-рынки, летние кафе, автостоянки, гаражные боксы, отдельно стоящие объекты наружной рекламы и др.

Деятельность по благоустройству и поддержанию в надлежащем состоянии территорий муниципальных образований осуществляется: муниципальными организациями, на балансе которых они находятся, за счет средств местного бюджета, а также привлечения внебюджетных средств; землепользователями в

пределах границ отведенного им земельного участка за счет собственных средств; гражданами и юридическими лицами, за которыми закреплена прилегающая территория в установленном порядке. Порядок закрепления таких территорий устанавливается муниципальными правовыми актами.

С ростом города, развитием его промышленности, становится все более сложной проблема охраны окружающей среды, создания нормальных условий для жизни и деятельности человека. В последние десятилетия усилилось отрицательное влияние человека на окружающую среду и, в частности, на зелёные насаждения. Проблема зелёных массивов (городских парков, лесов, садов, лугов) – одна из важнейших экологических проблем в городе. Растительность, как средовосстанавливающая система, обеспечивает комфортность условий проживания людей в городе, регулирует (в определенных пределах) газовый состав воздуха и степень его загрязненности, климатические характеристики городских территорий, снижает влияние шумового фактора и является источником эстетического отдыха людей; она имеет огромное значение для человека. Поэтому антропогенное воздействие на озеленение является очень важным вопросом, требующим изучения.

В настоящее время накоплен большой опыт по благоустройству и озеленению городов, создан богатый озеленительный ассортимент растений и разработана агротехника их выращивания, найдены необходимые приемы озеленения, специфичные для городов, определены способы содержания зеленых насаждений.

В начале XIX в. Р. Оуэн выдвинул идею создания коллективных поселений с численностью 300-2000 жителей. Вокруг общественных зданий, расположенных в парке, он предлагал разместить жилую застройку, по ее периметру (границам) промышленное и сельскохозяйственное производство.

В конце XIX в. Э. Говард выдвинул идею создания города-сада. В 1898 году вышла его книга «Завтра», а в 1903 году «Города-сады будущего». Говард представлял себе город-сад в виде концентрических кругов. В центре города – сад, вокруг него – общественные сооружения, окруженные центральным парком, по периметру широкая стеклянная аркада – Хрустальный дворец, в котором размещены магазины, зимние сады. Все дома города окружены зелеными массивами и садами. На полпути между центром и внешним кольцом была задумана большая аллея, образующая зеленый пояс и разделяющая город на внутреннюю и внешнюю части. Вдоль этой аллеи расположены школы. Самый крайний круг представлял собой сельскохозяйственные поля и расположенные несколько в стороне зоны для безвредных промышленных предприятий.

Английский архитектор Г. Пеплер в 1938 году предложил комбинированную схему насаждений, в которой зеленые клинья сочетаются с кольцами. Польские специалисты создали схему насаждений небольшого города, в которой четыре жилых района в центральной части города и участки усадебной застройки на периферии дополнены сетью зеленых массивов, соединенных между собой бульварами. Радиусы обслуживания не превышают 1,5 км.

В современных условиях весьма важной является проблема сохранения и оздоровления среды, окружающей человека в городе, формирования в городе

условий, благотворно влияющих на психофизическое состояние человека, что особенно важно в период интенсивного роста городов, развития всех видов транспорта, повышения с каждым годом тонуса городской жизни. Зеленые насаждения влияют на температурно-влажностный режим: даже небольшой зеленый массив снижает температуру летом на несколько градусов не только внутри себя, но и в прилегающих районах. Зеленые насаждения влияют на ионизацию воздуха, также насаждения обладают большой испаряющей способностью.

Важную роль играют зеленые насаждения в процессе газообмена: они поглощают углекислый газ и выделяют кислород. Это их свойство используется в условиях города. Зеленые насаждения по-разному участвуют в этом процессе. Например, тополь берлинский почти в 7 раз больше ели обыкновенной поглощает углекислый газ и выделяет кислород, дуб черешчатый – в 4,5 раза, липа крупнолистная – в 2,5 раза. При подборе деревьев и кустарников для городских условий следует учитывать активность зеленых насаждений в этом процессе.

Зеленые насаждения с успехом можно использовать для очищения городской среды от пыли и газа. Эту особенность деревьев полезно учитывать при проектировании посадок, защищающих от пыли.

Велика роль зеленых насаждений в формировании городской среды. Шелест листьев, пение птиц, эстетическое воздействие благотворно влияют на нервно-психическое состояние человека, озеленение организует микроклимат и приближает условия окружающей человека среды к оптимальным.

Санитарно-гигиенические требования к жилой застройке определяют необходимость защиты жилых массивов от шума. Одним из главных источников шума на городских магистралях является автотранспорт. Зеленые насаждения помогают человеку в борьбе с шумом. Проведенные исследования показывают, что даже в безлиственном состоянии зеленые насаждения снижают уровень шума на 2-6 дБА. Зеленые насаждения поглощают до 24 % звуковой энергии, а оставшуюся ее часть отражают, рассеивая ее во всех направлениях. Отсутствие зеленых насаждений часто приводит к возрастанию уровня шума, так как звуковые волны усиливаются, отражаясь от вертикальных плоскостей зданий.

Для защиты территории от шума устраивают экраны из зеленых насаждений между источником шума и защищаемыми объектами. Высоту таких экранов принимают по специальным расчетам. В соответствии с ними и выбирают породы деревьев нужной высоты (обычно не менее 5-8 м). Зеленые насаждения в шумозащитном экране должны плотно смыкаться своими кронами как по горизонтали, так и по вертикали. Для этого используют в верхнем ярусе лиственные густокронные деревья, а в нижнем – кустарники.

Зеленые насаждения используют в инженерном благоустройстве для преодоления некоторых нежелательных явлений природы. Эффективно озеленение в борьбе с селевыми потоками, когда вместе с тающим снегом с гор низвергаются потоки камней и размытых пород. С помощью зеленых насаждений изменяют направление потока, защищая таким образом населенные пункты. Озеленение помогает защищать объект от снежных и песчаных бурь, предотвратить снежные заносы, а где требуется, наоборот, сформировать

достаточный снежный покров. При помощи озеленения укрепляются откосы, прекращаются процессы оврагообразования, осушают заболоченные районы, ликвидируют оползневые явления. Для этих целей используют породы деревьев и кустарников с особыми качествами: влаголюбивые, с густой разветвленной мощной корневой системой.

Внутри микрорайона зеленые насаждения снижают шум от других источников шума: спортивных, детских и хозяйственных площадок. Зеленые насаждения используют в инженерном благоустройстве для преодоления некоторых нежелательных явлений природы. Эффективно озеленение в борьбе с селевыми потоками, когда вместе с тающим снегом с гор низвергаются потоки камней и размытых пород. С помощью зеленых насаждений изменяют направление потока, защищая таким образом населенные пункты. Озеленение помогает защищать объект от снежных и песчаных бурь, предотвратить снежные заносы, а где требуется, наоборот, сформировать достаточный снежный покров. При помощи озеленения укрепляются откосы, прекращаются процессы оврагообразования, осушают заболоченные районы, ликвидируют оползневые явления. Для этих целей используют породы деревьев и кустарников с особыми качествами: влаголюбивые, с густой разветвленной мощной корневой системой.

Список литературы

1. Пушилина Ю.Н. *Экологические основы архитектурного проектирования: учеб. пособие* / Ю.Н. Пушилина. – Тула: Аквариус, 2015. – 300с.
2. *Дипломная работа: Благоустройство и озеленения территории/ Электронная библиотека, [Электронный ресурс], http://text.tr200.biz/referat_gosudarstvo_i_pravo/?referat=236469&page=1, свободный. (Дата обращения 5.10.2015г.).*
3. *Озеленение населённых мест [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// dic. academic. ru](http://dic.academic.ru), свободный. (Дата обращения 5.10.2015г.).*

ОСОБЕННОСТИ И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА TEXAS TWO STEP

Р.Л. Трущенко
Тюменский индустриальный университет,
г. Тюмень

Аннотация. Доклад по теме «Особенности и применение технологии многостадийного гидравлического разрыва пласта Texas two step» изложен на 2 страницах машинописного текста.

Ключевые слова: гидроразрыв пласта, месторождение, пласт, коллектор, нефтеотдача.

Объектом исследования является многократный процесс гидравлического разрыва продуктивного пласта.

Цель работы – анализ методов прогнозирования эффективности гидравлического разрыва пласта. Оценка показателей эффективности многостадийного гидравлического разрыва пласта на основе метода texas two step.

Первые опытные работы по гидравлическому разрыву пласта (ГРП) были проведены более полувека назад. И с тех пор стремительно развиваются как сами технологии гидроразрыва, так и методы сопровождающих ГРП расчетов.

Как известно, в настоящее время для выработки трудноизвлекаемых запасов разработана и внедряется технология ГРП с альтернативной (непоследовательной) активацией портов (Alternate sequence fracturing или Texas Two Step, далее TTS). Технология заключается в повышении продуктивности низкопроницаемых пластов, разработка которых наклонно-направленными скважинами с ГРП оценивалась как низко- или неэффективная, за счет создания искусственного коллектора. При этом предполагается, что в результате между трещинами гидроразрыва возникает дополнительная микротрещиноватость, увеличивающая проницаемость матрицы в межтрещинном пространстве, что в результате приводит к увеличению притока жидкости в трещины ГРП.

Технология Texas Two Step позволяет выполнять многозонный гидравлический разрыв пласта (ГРП) в определенном порядке, а не поочередно от забоя горизонтальной скважины, что повышает эффективность за счет более высоких дебитов. Дебиты горизонтальных скважин с многозонным ГРП по технологии TTS в 4 раза превышают дебиты наклонно направленных скважин с ГРП и в 2 раза превышают дебиты горизонтальных скважин со стандартным многозонным ГРП. Технология значительно повышает эффективность разработки трудноизвлекаемых запасов за счет создания зоны разуплотнения с множественной трещиноватостью между активизируемыми через шаг с дальнейшим возвратом портами.

В случае трехстадийной компоновки производство МГРП начинается с интервала № 1 (самого нижнего), после чего производится ГРП интервала № 3, и в последнюю очередь проводится ГРП интервала № 2. Суть технологии заключается в том, что после проведения ГРП на двух крайних интервалах в промежуточном интервале создается дополнительное напряжение, что создает условия для получения лучших параметров трещины при проведении ГРП на этот промежуточный интервал. Помимо последовательности проведения ГРП, особенностью данной технологии являются оборудование – механические сдвижные муфты, регулирующие при помощи специального ключа, спускаемого на ГНКТ. Это позволяет открывать и закрывать муфты в желаемом порядке и производить ГРП на конкретный интервал либо отсекал водоносные зоны. Также появляется возможность впоследствии производить повторный ГРП на желаемый интервал. В августе 2014 года в Западной Сибири была проведена одна из первых работ по данной технологии с ГНКТ. Операция была выполнена успешно, дебит скважины превышает дебит аналогичных скважин, где работы по ГРП производились по стандартной технологии МГРП. Работа была произведена на скважине после ЗБС со спущенным хвостовиком 102 мм с тремя многократными фрак-портами, разделенными нефтенабухающими пакерами.

Работы ГНКТ по манипуляциям с портами и промывке с освоением на данном типе скважине могут быть проведены за 3-4 СПО при условии возможности проведения промывки без смены инструмента – ключа на промывочную насадку для промежуточных промывок между стадиями ГРП. Индикацией успешного открытия/закрытия порта является вес ГНКТ и нагнетательный тест, проводимый сразу после манипуляции с портом.

Основное преимущество технологии заключается в том, что отсутствует необходимость точного позиционирования портов ГРП на скважинах относительно друг друга, создание более коротких трещин ГРП, что снижает риски при проведении мероприятия.

На основании полученного опыта были намечены шаги по оптимизации работ в будущем. Одним из таких путей оптимизации является внедрение оборудования семейства ACTive: Tension and Compression Sub, позволяющего измерять осевые и крутящие нагрузки на забойный инструмент в режиме реального времени. Это позволит получить полный контроль при управлении системами закачивания, в частности, получить четкую индикацию зацепа и отсоединения инструмента от муфты.

Многостадийный ГРП по технологии TTS – мощнейшее средство воздействия на пласт, которое проявляется не только в интенсификации добычи нефти, но и в существенном повышении текущей и конечной нефтеотдачи пластов. Данная технология позволяет перевести в категорию извлекаемых запасы нефти низкопроницаемых малопродуктивных коллекторов. Именно МГРП должен стать основным инструментом при введении в разработку гигантских запасов нефти и повышения показателей разработки объектов с трудноизвлекаемыми запасами.

Список литературы

1. Матишин Н.С. Перспектива разработки трудноизвлекаемых запасов баженовской свиты при помощи новых технологий ГРП / Н.С. Матишин // Вопросы технических и физико-математических наук в свете современных исследований: сб. ст. по матер. II междунар. науч.-практ. конф. № 2(2). – Новосибирск: СибАК, 2018.
2. Basanov K. Application of Coiled Tubing for controlling port MSF / K. Basanov, D. Serikov, D. Demenchuk // Coiledtubing times - december 2014 №4.
3. Экономидес М. Унифицированный дизайн гидроразрыва пласта. учеб. пособие / М. Экономидес, Р.Олайни, П. Валько. – М.: Петроальянс Сервис Компании Лимитед, 2014.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОИЗВОДСТВ

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ РАЗВЕТВЛЕННОЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Г.Ю. Царьков
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В докладе предложен способ формирования базы данных для эффективного построения алгоритма прогнозирования и управления разветвленными газовыми сетями.

Построение информационно-измерительной и управляющей системы для разветвленной трубопроводной газовой сети с множеством элементов мониторинга и управления позволяет получить данные в фиксированные моменты времени, то есть получить информационный срез газовой сети в некоторое фиксированное время t .

На основе данного предложения по сочетанию текущих данных информационно-измерительной и управляющей системы и результатов, полученных путем моделирования процессов в трубопроводной газовой сети, обеспечивается прогноз данных во времени $t + \tau$.

Данный подход представлен на рисунке 1.

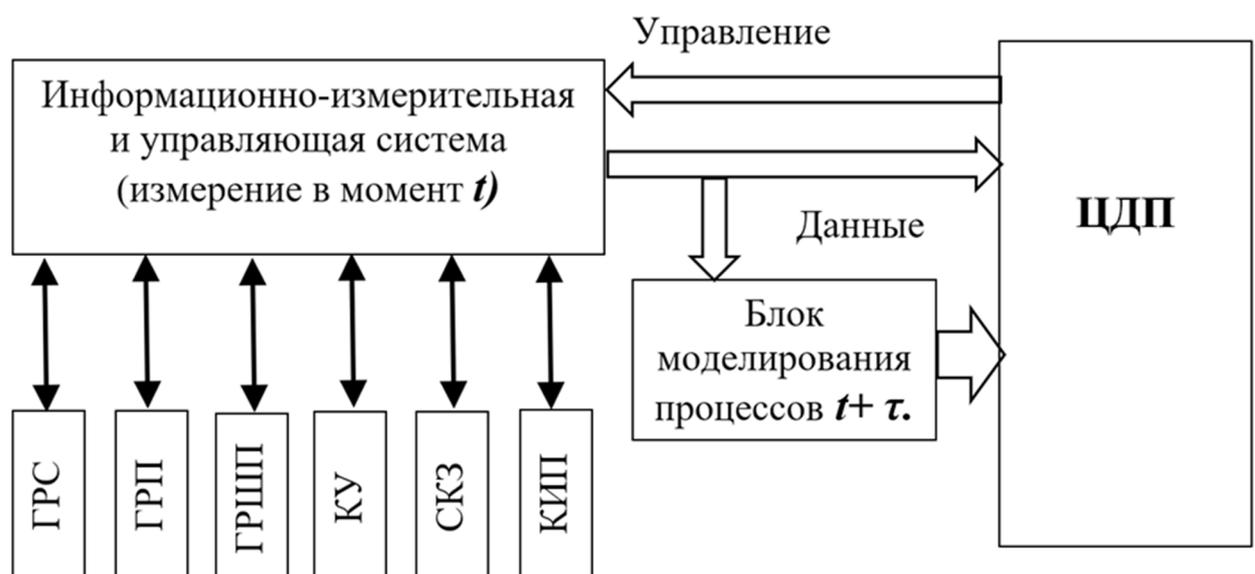


Рис. 1. Информационно-измерительная и управляющая система с сочетанием текущих данных и результатов моделирования на интервале времени $t + \tau$

Для построения вектора управления представление математических моделей прогнозирования потоков в территориально-распределенной газораспределительной сети целесообразно проводить в матричном виде и в виде дифференциальных уравнений объектов с запаздыванием.

Входными параметрами информационно-измерительной и управляющей системы являются сигналы датчиков территориально распределенных объектов газораспределения.

Для построения матричной математической модели входные параметры информационно-измерительной и управляющей системы представим в следующем виде:

Величины загазованности на объектах газораспределения:

$$C_n^k = \begin{bmatrix} C_1^1 & C_2^1 & C_3^1 & \dots & C_n^1 \\ C_1^2 & C_2^2 & C_3^2 & \dots & C_n^2 \\ C_1^3 & C_2^3 & C_3^3 & \dots & C_n^3 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_1^k & C_2^k & C_3^k & \dots & C_n^k \end{bmatrix},$$

где: C – величина загазованности на объектах газораспределения, мг/м.куб.;

k – порядковый номер объекта газораспределения в газотранспортной сети;

n – номер отсчета в массиве накопленных данных для каждого объекта газораспределения в газотранспортной сети.

Давление газа на входе объекта газораспределения территориально-распределенной газораспределительной сети представим в виде вектора:

$$P_{вх.} = [P_{вх_1} \quad P_{вх_2} \quad P_{вх_3} \quad \dots \quad P_{вх_n}],$$

где: $P_{вх.}$ - давление газа на входе объекта газораспределения, МПа;

$1, 2, 3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных данных давления газа на входе объекта газораспределения.

Давление газа на выходе объекта газораспределения территориально-распределенной газораспределительной сети представим в виде вектора:

$$P_{вых.} = [P_{вых_1} \quad P_{вых_2} \quad P_{вых_3} \quad \dots \quad P_{вых_n}],$$

где: $P_{вых.}$ – давление газа на выходе объекта газораспределения, МПа;

$1, 2, 3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных данных давления газа на выходе объекта газораспределения.

Температуру газа на входе объекта газораспределения территориально-распределенной газораспределительной сети представим в виде вектора:

$$t_{вх}^{\circ C} = [t_{вх}^{\circ C_1} \quad t_{вх}^{\circ C_2} \quad t_{вх}^{\circ C_3} \quad \dots \quad t_{вх}^{\circ C_n}],$$

где: $t_{вх}^{\circ C}$ – температура газа на входе объекта газораспределения, град.С;

$1, 2, 3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных данных температуры газа на входе объекта газораспределения.

Температуру газа на выходе объекта газораспределения территориально-распределенной газораспределительной сети представим в виде вектора:

$$t_{\text{вых}}^{\circ\text{C}} = [t_{\text{вых}}^{\circ\text{C}}_1 \quad t_{\text{вых}}^{\circ\text{C}}_2 \quad t_{\text{вых}}^{\circ\text{C}}_3 \quad \dots \dots \dots t_{\text{вых}}^{\circ\text{C}}_n],$$

где: $t_{\text{вых}}^{\circ\text{C}}$ – температура газа на выходе объекта газораспределения, град.С;

$1,2,3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных данных температуры газа на выходе объекта газораспределения.

Представим в векторном виде величину потока газа на объекте газораспределения;

$$Q = [q_1 \quad q_2 \quad q_3 \quad \dots \dots \dots q_n],$$

где: Q – величин потока газа на объекте газораспределения, м³/час;

$1,2,3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных данных величин потока газа на объекте газораспределения.

Положение запорной арматуры на объекте газораспределения территориально-распределенной газораспределительной сети представим в виде вектора:

$$\beta = [\beta_1 \quad \beta_2 \quad \beta_3 \quad \dots \dots \dots \beta_n],$$

где: β – положение запорной арматуры на объекте газораспределения территориально-распределенной газораспределительной сети, угол открытия, град;

$1,2,3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных данных углов открытия запорной арматуры на объекте газораспределения территориально-распределенной газораспределительной сети.

Срабатывание защитных клапанов на объекте газораспределения представим в виде вектора:

$$skl = [skl_1 \quad skl_2 \quad skl_3 \quad \dots \dots \dots skl_n],$$

где: skl – срабатывание защитных клапанов на объекте газораспределения, сработал – «1»; нет – «0»;

$1,2,3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных данных срабатывания защитных клапанов на объекте газораспределения.

Величину защитного потенциала на объекте газораспределения территориально-распределенной газораспределительной сети представим в виде вектора:

$$U_{\text{ном.}} = [U_{\text{пот}_1} \quad U_{\text{пот}_2} \quad U_{\text{пот}_3} \quad \dots \dots \dots U_{\text{пот}_n}],$$

где: $U_{\text{ном.}}$ – величина защитного потенциала на объекте газораспределения, вольт, В;

$1,2,3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных величин защитного потенциала на объекте газораспределения.

Величину защитного тока на объекте газораспределения территориально-распределенной газораспределительной сети представим в виде вектора:

$$I_{\text{ном.}} = [i_{\text{пот}_1} \quad i_{\text{пот}_2} \quad i_{\text{пот}_3} \quad \dots \dots \dots i_{\text{пот}_n}],$$

где: $I_{ном}$ – величина защитного тока на объекте газораспределения, ампер, А;

$1, 2, 3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных величин защитного тока на объекте газораспределения.

Величину защитного напряжения на объекте газораспределения представим в виде вектора:

$$U_{защ.} = [U_{защ_1} \quad U_{защ_2} \quad U_{защ_3} \quad \dots \quad U_{защ_n}],$$

где: $U_{защ.}$ – величина защитного напряжения на объекте газораспределения, вольт, В;

$1, 2, 3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных величин защитного напряжения на объекте газораспределения.

Срабатывание датчика нештатных ситуаций на объекте газораспределения представим в виде вектора:

$$sdn = [sdn_1 \quad sdn_2 \quad sdn_3 \quad \dots \quad sdn_n],$$

где: sdn – срабатывание датчика нештатных ситуаций на объекте газораспределения, датчик сработал – «1»; датчик не сработал – «0»;

$1, 2, 3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных данных срабатывания датчика нештатных ситуаций на объекте газораспределения.

Срабатывание датчика аварийных ситуаций на объекте газораспределения представим в виде вектора:

$$sda = [sda_1 \quad sda_2 \quad sda_3 \quad \dots \quad sda_n],$$

где: sda – срабатывание датчика аварийных ситуаций на объекте газораспределения, датчик сработал – «1»; датчик не сработал – «0»;

$1, 2, 3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных данных срабатывания датчика аварийных ситуаций на объекте газораспределения.

Срабатывание пожарных датчиков на объекте газораспределения представим в виде вектора:

$$sdf = [sdf_1 \quad sdf_2 \quad sdf_3 \quad \dots \quad sdf_n],$$

где: sdf – срабатывание пожарных датчиков на объекте газораспределения, датчик сработал – «1»; датчик не сработал – «0»;

$1, 2, 3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных данных срабатывания пожарных датчиков на объекте газораспределения.

- срабатывание датчика

Срабатывание датчика несанкционированного доступа на объект газораспределения представим в виде вектора:

$$sdo = [sdo_1 \quad sdo_2 \quad sdo_3 \quad \dots \quad sdo_n],$$

где: sdo – срабатывание датчика несанкционированного доступа на объект газораспределения, датчик сработал – «1»; датчик не сработал – «0»;

$1, 2, 3 \dots, n$ – номер отсчета в массиве накопленных данных срабатывания датчика несанкционированного доступа на объект газораспределения.

Объединяя полученные векторы представим матричное представление входных параметров информационно-измерительной и управляющей системы для применения в математических моделях прогнозирования потоков в территориально-распределенной газораспределительной сети.

$$\text{ИИС} = \begin{bmatrix} C_1^1 & C_2^1 & C_3^1 & \dots & C_n^1 \\ C_1^2 & C_2^2 & C_3^2 & \dots & C_n^2 \\ C_1^3 & C_2^3 & C_3^3 & \dots & C_n^3 \\ C_1^k & C_2^k & C_3^k & \dots & C_n^k \\ P_{ВХ1} & P_{ВХ2} & P_{ВХ3} & \dots & P_{ВХn} \\ P_{ВЫХ1} & P_{ВЫХ2} & P_{ВЫХ3} & \dots & P_{ВЫХn} \\ t_{ВХ}^\circ C_1 & t_{ВХ}^\circ C_2 & t_{ВХ}^\circ C_3 & \dots & t_{ВХ}^\circ C_n \\ t_{ВЫХ}^\circ C_1 & t_{ВЫХ}^\circ C_2 & t_{ВЫХ}^\circ C_3 & \dots & t_{ВЫХ}^\circ C_n \\ q_1 & q_2 & q_3 & \dots & q_n \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 & \dots & \beta_n \\ skl_1 & skl_2 & skl_3 & \dots & skl_n \\ U_{ПОТ1} & U_{ПОТ2} & U_{ПОТ3} & \dots & U_{ПОТn} \\ i_{ПОТ1} & i_{ПОТ2} & i_{ПОТ3} & \dots & i_{ПОТn} \\ U_{защ1} & U_{защ2} & U_{защ3} & \dots & U_{защn} \\ skl_1 & skl_2 & skl_3 & \dots & skl_n \\ sdn_1 & sdn_2 & sdn_3 & \dots & sdn_n \\ sda_1 & sda_2 & sda_3 & \dots & sda_n \\ sdf_1 & sdf_2 & sdf_3 & \dots & sdf_n \\ sdo_1 & sdo_2 & sdo_3 & \dots & sdo_n \end{bmatrix}^T$$

Такое представление входных параметров информационно-измерительной системы оказывается удобным в сочетании с математическими моделями динамики газовых потоков в территориально распределенных газопроводах.

Список литературы

1. Findeisen W., Malinowski K. Two-level control and coordination for dynamical systems. *Archiwum automatiki i telemekhaniki*. Т. XXIV. – 2007. - N1. – P.3-27.
3. Мешалкин В.П. Информационно-измерительная система управления территориально-удаленными объектами в газотранспортном хозяйстве / В.П. Мешалкин, В.М. Панарин, А.А. Горюнокова [и др.] // *Научный журнал «Прикладная информатика»*. – 2015. – Том 10. – №3 (57). – С. 32-43.
4. Царьков Г.Ю. Цифровое управление линейно-асимметричными объектами с переменными параметрами / Г.Ю. Царьков, В.М. Мазуров, В.С. Карпов // *Автоматическое управление объектами с переменными характеристиками: межвузовский сборник научных трудов*. – Новосибирск, 1990. – С. 44-52.
5. Царьков Г.Ю. Информационно-измерительная и управляющая система территориально удаленными объектами / Г.Ю. Царьков, В.С. Карпов, М.В. Панарин, Е.Н. Ивановская // *Известия ТулГУ. Вып.4*. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. – С.190-195.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Г.Ю. Царьков
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В докладе представлен метод построения математической модели прогнозирования параметров территориально-распределенной газовой сети при изменении режимов газопотребления, аварийных ситуаций с нарушением целостности газопроводов и обосновано применение аппроксимации описания сети, как объекта с переменными характеристиками и запаздыванием.

В общем случае движение газа в газопроводах является нестационарным. Это определяется как изменением работы и режимов давления на газораспределительных станциях, так и переменными характеристиками потребления газа (изменение объемов потребления при различных нагрузках и количества потребителей в реальном времени). Указанные особенности приводят к изменению режимов давления в газопроводе и изменению количества газа, находящегося в нем. Аккумулирующая емкость газопровода покрывает неравномерность и обуславливает запаздывание в передаче изменений режима в конечных точках потребления.

В работе проведен анализ различных моделей движения газа в трубопроводе и определено:

- характерными особенностями системы газораспределения и газопотребления являются асимметрия динамических характеристик и зависимость параметров объекта от величины расхода газа;
- в канале управления имеется запаздывание;
- в качестве динамических моделей удобно использовать модели первого и второго порядка с запаздыванием.

$$W(p) = k_0 e^{-tp} / (T_0 p + 1),$$

где k_0 , T_0 , t – соответственно статический коэффициент передачи, постоянная времени и запаздывание объекта, определенные в окрестности номинального режима работы.

Для данной модели разработан метод коррекции постоянных времени и запаздывания в модели прогнозирования потоков в территориально-распределенной газораспределительной сети в аварийных ситуациях с нарушением целостности газопроводов.

Разработан метод цифрового управления потоком в трубопроводе при транспортировке газа по линейному участку для отдаленных потребителей.

Используя идею построения модального регулятора с наблюдателем, обеспечивающим максимальное приближение промежуточных переменных модели с движением объекта, решена задача управления объектом таким образом, чтобы при выведении его на заданный режим перерегулирование практически отсутствовало.

Представлена процедура синтеза цифрового регулятора для модели. Для придания регулятору астатических свойств в структуру объекта введена модель дискретного интегратора, а запаздывающее устройство учтем в виде дополнительной координаты состояния $z(k) = u(k-1)$

$$\begin{cases} y(k+1) = ay(k) + b_1u(k) + b_2z(k); \\ z(k+1) = u(k); \\ \mu(k+1) = \mu(k) + y(k) \end{cases}$$

или в матричном виде $x(k+1) = \Phi x(k) + Gu(k)$,

где $x(k) = \begin{bmatrix} y(k) \\ z(k) \\ \mu(k) \end{bmatrix}$, $\Phi = \begin{bmatrix} a & b_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$, $G = \begin{bmatrix} b_1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$.

Управление определено из структуры цифрового регулятора

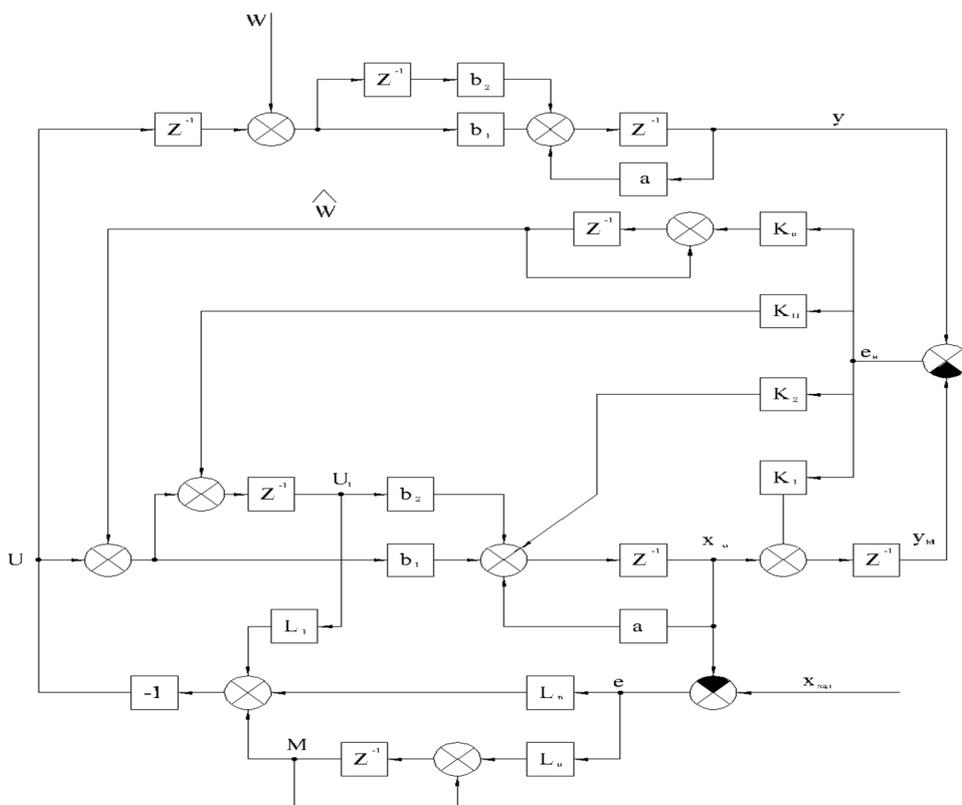
$$u(k) = -L_{oc} x(k) = -L_n y(k) - L_1 z(k) - L_u \mu(k).$$

В соответствии с идеей модального управления определено обеспечение матрицей Y в замкнутой системе заданное расположение корней характеристического уравнения

$$Y = [\Phi - GL_{oc} - zI] = (z_1 - z)(z_2 - z)(z_3 - z),$$

где z_1, z_2, z_3 – заданные корни; I – единичная матрица.

Структура цифрового управления потоком в трубопроводе при транспортировке газа по линейному участку для отдаленных потребителей приведена на рисунке.



Структура цифрового управления потоком в трубопроводе при транспортировке газа

Раскрывая определитель и правую часть уравнения, найдены коэффициенты вектора обратных связей L_u, L_n, L_1 . Аналогично найдены и коэффициенты наблюдателя.

Таким образом, синтезирован алгоритм цифрового модального управления асимметричными объектами с переменными параметрами.

Исследование данного алгоритма управления было проведено посредством цифрового моделирования.

Точность обработки входного сигнала проверена не только при подаче на вход системы управления постоянного сигнала, но и при линейно изменяющемся управлении, где алгоритм обрабатывает задание на каждом шаге квантования.

Разработан цифровой регулятор для системы управления транспортировкой природного газа по линейному участку для отдаленных потребителей.

При решении данных задач получены формулы для нахождения коэффициентов наблюдателя для любого количества тактов задержки, число которых определяется временем запаздывания и периодом квантования системы ($m=\tau/T_K$):

$$K_{w,m} = \frac{(1 - B_H)^{m+2}}{B}$$
$$K_{n,m} = \sum_{i=1}^n (-1)^i C_{m+2}^i B_H^i \sum_{R=i}^n a^{(n-1)} + \sum_{j=0}^n a^j$$

где $K_{w,m}$ – интегральный коэффициент наблюдателя при m тактах задержки;

$K_{n,m}$ – n -й коэффициент наблюдателя при m тактах задержки.

Приведенная модель распределительных сетей газоснабжения решает задачу построения информационно измерительной и управляющей системы, как сложного алгоритма, учитывающего не только его удаленность и разветвленность объектов, но и переменные параметры самих объектов, как объектов управления.

Список литературы

1. Изерман Р. Цифровые системы управления / Р. Изерман. – М.: Мир, 1984. – 541 с.
2. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления / Б. Куо. – М.: Наука, 1986. – 447 с.
3. Царьков Г.Ю. Цифровое управление линейно-асимметричными объектами с переменными параметрами: межвузовский сборник научных трудов / Г.Ю. Царьков, В.М. Мазуров, В.С. Карпов. – Новосибирск, 1990. – С. 44-52.
4. Царьков Г.Ю. Информационно-измерительная и управляющая система территориально удаленными объектами / Г.Ю. Царьков, В.С. Карпов, М.В. Панарин, Е.Н. Ивановская // Известия ТулГУ. Вып.4. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. – С.190-195.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И МИНИМИЗАЦИИ ВЫБРОСОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА В АТМОСФЕРУ

Г.Ю. Царьков, П.Г. Алексеева, И.Г. Панькова
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В докладе представлена актуальность вопроса выброса не контролируемых на данный момент выбросов природного газа в атмосферу при срабатывании предельных сбросных клапанов (ПСК) в пунктах редуцирования газа и предложен метод их минимизации.

В настоящее время в региональных газораспределительных организациях в результате внедрения телеметрии накопилось большое количество информации о работе ГРП, ШРП и другого оборудования в различных режимах, включая аварийные и предаварийные ситуации.

Исследование накопленных массивов методами искусственного интеллекта позволяет построить математическую модель обнаружения и расчета технологических потерь на газораспределительном оборудовании.

Данные телеметрии о превышениях давлением газа установок для предохранительного сбросного клапана (далее ПСК) позволяют выдвинуть предположение о срабатывании клапана, однако такой вывод будет иметь вероятностный характер, поскольку нет достоверных данных о работоспособности клапана, факте срабатывания клапана, исправности оборудования телеметрии и системы сбора/передачи данных, отсутствии пропусков и искажений данных.

Срабатывание ПСК является предаварийной ситуацией, требующей принятия мер по предотвращению аварийной ситуации. Факт срабатывания ПСК имеет очень высокую предсказательную силу для оценки вероятности возникновения аварийной ситуации. Эти возможности в настоящий момент не используются.

Выбросы природного газа в атмосферу при срабатывании ПСК в пунктах редуцирования газа несут негативные последствия на экологическую составляющую, особенно для близ проживающего населения.

Кроме того, технологические потери газа газораспределительных организаций складываются из нескольких составляющих. Потери через ПСК вносят весомый вклад в общую сумму потерь. При этом приборно они никак не контролируются.

Предлагаемое исследование и решение на его основе призваны устранить перечисленные недостатки.

Программно-аппаратный комплекс предполагает оснащение объектов блоками учета технологических потерь и предупреждения предаварийных сбросов природного газа в атмосферу, обработку поступающих данных обученной математической моделью, периодическое переобучение модели на

актуальных данных, оповещение о предаварийной ситуации и наличии технологических потерь, их объеме.

Данные мероприятия также несут существенный вклад в энергосберегающую программу региона и страны в целом.

Список литературы

1. Царьков Г.Ю. Особенности профилактики аварий на объектах газораспределительного комплекса. Промышленные АСУ и контроллеры / Г.Ю. Царьков, В.М. Панарин, Н.А. Рыбка, А.А. Маслова. – 2018, № 5. Оборудование для измерения и автоматизации производства. – С. 58-62.

2. Царьков Г.Ю. Информационно-измерительная и управляющая система территориально удаленными объектами / Г.Ю. Царьков, В.С. Карпов, М.В. Панарин, Е.Н. Ивановская // Известия ТулГУ. Вып.4. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. – С.190-195.

3. Патент РФ № 116199. Царьков Г.Ю., Воробьев Н.Ю., Попов Н.К. [и др.] Устройство дистанционного мониторинга шкафных газораспределительных пунктов. Заявл. 10.06.2011. Оpubл. 20.05.2012.

ЭЛЕМЕНТЫ МОЛЕКУЛЯРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Е.В. Кондратьева, О.Ю. Кондратьева, Д.В. Терин

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского,
г. Саратов

Аннотация. Разработана информационная система для применения в области полимерных композиционных материалов, которая позволяет увеличивать скорость оперативность работы сотрудников.

В последнее время приобретает особое значение в использовании полимерных ионообменных материалов в развивающихся отраслях техники и технологий, среди которых, в первую очередь, можно выделить водоподготовку и водоочистку. Несмотря на большой спектр известных материалов данного типа, они не всегда удовлетворяют возрастающим требованиям, таким как технологичность, химико-физическая активационная стабильность и прочностная инвариантность. В то же время многообразие функциональных связей и свойств, характерное для композитных сред, многофакторный характер зависимостей их свойств от свойств компонентов, способов получения и переработки указывают на богатые, во многом еще не известные потенциальные возможности таких систем. Разработка технологии нанополимерных композитов с уникальным комплексом свойств – наиболее перспективное направление, решающее важнейшие экологические задачи осуществления радикальных методов защиты окружающей среды. А так же данные композиты могут найти больше применение в области медицины, для фильтрации различных биологических жидкостей.

В связи с этим, создание новых нанополимерных композиционных материалов с многофункциональным комплексом свойств является актуальной научно-прикладной задачей. Накопление экспериментальных данных не позволяет дать четкую трактовку свойств материала на субмолекулярном уровне. Поэтому выявление различных свойств так же является актуальной задачей.

В данной работе использовалась программа ChemBio3D, из пакета программ ChtvBioOffice. ChemBio3D позволяет осуществлять полное трехмерное моделирование и визуализацию химических соединений.

Схема вычисления потенциальной энергии молекулярной системы является во многом общей для большинства современных силовых полей, применяемых в молекулярной механике. Основой для вычисления потенциальной энергии молекулы или совокупности молекул как ансамбля атомов является аддитивная схема, в рамках которой общая потенциальная энергия системы представляется в виде суммы парных взаимодействий отдельных атомов или атомных групп. Среди различных видов взаимодействий выделяют взаимодействия валентно связанных и валентно не связанных атомов. Поскольку валентные взаимодействия охватывают лишь ближайшие атомы, то, для их описания удобно перейти от декартовых координат каждого атома, к обобщенным координатам, представляющим собой расстояния между атомами, валентные углы и двугранные углы внутреннего вращения (торсионные).

При конкретных вычислениях потенциальной энергии необходимо выразить декартовы координаты атомов через обобщенные координаты. Для этого выражают координаты атомов в локальной системе, связанной с нужной в данный момент связью.

Цель молекулярной механики является прогнозирование детальной структуры и физических свойств молекул. Примерами физических свойств, которые могут быть рассчитаны являются – энтальпия образования, энтропия, дипольные моменты и энергия деформации. Молекулярная механика вычисляет энергию молекулы, а затем регулирует энергию путем внесения изменений в длины связей и углы, чтобы получить минимальную энергетическую структуру.

В данной работе смоделирована наиболее вероятная модель и получена энергия элементарного звена рассматриваемого материала, с помощью программы ChemBio3D методом MM2. ChemBio 3D предлагает два общепринятых методов расчета силового поля, MM2 и MMFF94. Эти методы разработаны так, чтобы вычислять молекулярные свойства различных моделей. Каждый из этих методов позволяет просчитывать разнообразные энергии, такие как стерическая, тепловая и другие виды энергии. Результаты сохраняются как свойства атомов.

MM2 и MMFF94 можно рассматривать как различные методы расчета, которые можно использовать, чтобы достичь нужного результата. Какой метод используется, зависит от типа модели и свойств, которые необходимо вычислить. Например, для данной модели один метод обеспечивает лучший потенциальный прогноз энергии, чем другой. Между тем, другой метод может привести значения заряда, которые ближе к экспериментальным значениям. Метод MM2 для расчетов использует некоторую таблицу параметров. Параметры MM2 были

получены из двух источников. Большинство параметров были предоставлены Элинджером, остальные были предоставлены CambridgeSoft Corporation.

Сначала в двумерном редакторе составляем плоскую структуру молекулы. Затем с помощью минимизации энергии высчитывается наиболее вероятная конформация молекулы. В результате проделанной работы получаем модель элементарного звена материала (рис.1.). На рисунке 2 рассматриваемая модель с введенной nano частицей кремния.

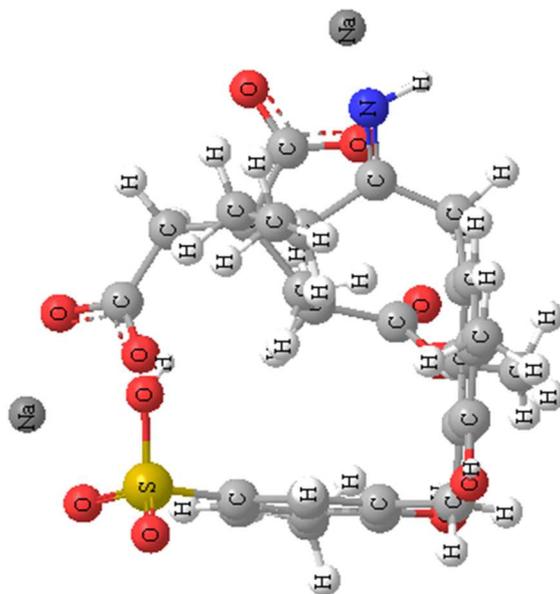


Рис. 1. Объемная модель элементарного звена

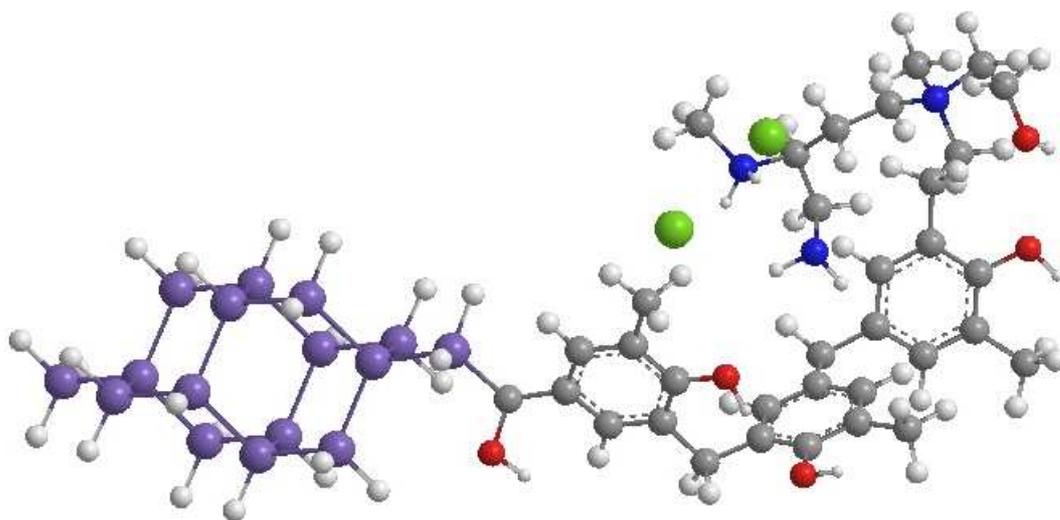


Рис. 2. Объемная модель элементарного звена с nano частицей кремния

Таким образом, тестовый образец информационной системы позволяет экспортировать данные молекулярных расчетов сложных химических соединений, проводить быстрый поиск, структурировать и анализировать полученные массивы данных по ключевым характеристикам моделей материалов.

Исследование выполнено при выполнении проекта У.М.Н.И.К.-18 (б) договора 13959/2019

Список литературы

1. Кондратьева О.Ю. Моделирование вольт-амперной характеристики металл-полимерного кластерного агломерата / О.Ю. Кондратьева, И.В. Галушка, Д.В. Терин // В сборнике: Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика: сборник трудов XIII Всерос. конф. молодых ученых. – 2018. – С. 116-118.

2. Кондратьева О.Ю. Эволюция молекулярных спектров металл-полимерных сенсорных систем / О.Ю. Кондратьева, А.С. Колесникова, Д.В. Терин // В сборнике: Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика: сборник трудов XIII Всерос. конф. молодых ученых. – 2018. – С. 119-121.

3. Терин Д.В. Моделирование поведенческого отклика тактильных интерфейсов от внешних воздействий различной природы и интенсивности / Д.В. Терин, О.Ю. Кондратьева, С.П. Романчук, Ю.В. Клинаев // В сборнике: Компьютерные науки и информационные технологии: мат-лы Междунар. науч. конф. – 2018. – С. 397-399.

4. Колесникова А.С. Моделирование поведенческого отклика тактильных интерфейсов от внешних воздействий различной природы и интенсивности / А.С. Колесникова, О.Ю. Кондратьева, Ю.В. Клинаев, С.П. Романчук, Д.В. Терин // В сборнике: Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами: мат-лы пятой Всерос. науч. школы-семинара, Под редакцией профессора Д.А. Усанова. – 2018. – С. 56-59.

5. Романчук С.П. Исследование электродинамических свойств системы диэлектрик-металл для МЭМС/НЭМС приложений / С.П. Романчук, О.Ю. Кондратьева, Д.В. Терин, Ю.В. Клинаев, С.А. Корчагин // В сборнике: Информационные технологии и математическое моделирование в естественнонаучных исследованиях: сборник научных статей. – Саратов, 2018. – С. 83-88.

6. Колесникова А.С. Моделирование композиционных покрытий для датчиков давления / А.С. Колесникова, О.Ю. Кондратьева, Д.В. Терин // В сборнике: Нано- и биомедицинские технологии. Управление качеством. Проблемы и перспективы: сборник научных статей. – Саратов, 2018. – С. 34-36.

7. Galushka V.V., Belobrovaya O.Ya., Bratashov D.N., and all Gamma-radiation monitoring of luminescent porous silicon for tumor imaging // *BioNanoScience*. – 2018. – Т. 8, № 3. – С. 818-822.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗОМЕРИЗАЦИИ

Н.А. Рахимова, Р.Р. Галямов

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

Аннотация. Проведен анализ процесса изомеризации пентан-гексановой фракции. Представлено математическое моделирование процесса изомеризации пентан-гексановой фракции с использованием программной среды. Также представлен способ оптимизации октанового числа товарного изомеризата.

Во всем мире 85 % потребляемой энергии вырабатывается за счет ископаемого топлива. Сегодня идут бурные дискуссии о развитии энергетики, о необходимости охраны окружающей среды и об угрозе топливного голода.

Более рациональное использование углеводородного сырья, увеличение глубины его переработки, улучшения качества автомобильного топлива – вот главный вопрос на сегодняшний день. Для улучшения экологических показателей автомобильных бензинов, требуется снижение содержания в них ароматических углеводородов, в том числе и токсичного бензола.

Изомеризация легких бензиновых фракций – это процесс, который в последние годы стал стратегическим «бензиновым» процессом, который обеспечивает октановые характеристики суммарного бензинового фонда [1].

Подвергая процессу изомеризации бензиновые фракции, которые осуществляется в среде водорода, можно добиться повышения в них октанового числа. Получение высокооктановых изокомпонентов автомобильных бензинов или сырья нефтехимии, является целевым назначением процессов каталитической изомеризации в современной нефтеперерабатывающей промышленности [2].

Использование в качестве сырья низкооктановые компоненты нефти – фракции н.к. – 62 °С и рафинаты каталитического риформинга, содержащие в основном н-пентаны и н-гексаны, приводит к высокой эффективности процессов изомеризации [1]. Исключительная ценность продуктов изомеризации C_5 и C_6 обуславливается их детонационной стойкостью при испарении, в качестве низкокипящих высокооктановых компонентов неэтилированных бензинов.

Актуальность включения в схему переработки нефти установки изомеризации легких бензиновых фракций обусловлена следующими задачами при производстве автомобильных бензинов [1]:

1. Ограничение ароматических углеводородов. На первом этапе ограничение составляет 42 %, далее 35 % и 25 %.
2. Минимизация содержания бензола до 1 % масс. и менее.
3. Снижение содержания серы до 50 ppm и далее до 10 ppm.
4. Снижение содержания олефинов на первом этапе до 18% далее до 4 % об.
5. Увеличение доли легких углеводородов, выкипающих при $T < 100$ °С до 40 – 50 %.

Моделирование процесса изомеризации проводилось в программной среде UniSim. Программный пакет UniSim разработан для моделирования и оптимизации углеводородных процессов во всей цепочке нефтехимической промышленности. UniSim содержит технологии, которые сочетают в себе подробные, строгие кинетические моделирования с точным разделением продуктов для создания наиболее надежных аналитических инструментов отрасли.

В комплект UniSim входят подробные модели специализированных устройств:

- Модель SIM-реакторов для процессов переработки и моделирования нефтеперерабатывающих заводов;

- Модель реакторов для нефтехимических процессов;
- SIM- модели для процессов обратных потоков и обработки.

Все модели реакторов включают подробные кинетические и равновесные представления соответствующих реакций, подробную характеристику сырьевых и продуктовых потоков, и возможность моделировать проекты у разных лицензиаров. Там, где это уместно, модели реактора включают подробные модели активности катализатора с учетом его новых свойств, загрязнения сырья, дезактивации катализатора и состава катализатора. Все модели SIM доступны в UniSim, что позволяет моделировать устройства среде технологического процесса. Здесь доступна автоматическая генерация диаграмм. С ее помощью можно сравнить полученные данные. Так как в нем заложены модели реакторов нефтеперерабатывающей промышленности. А также известен химизм реакции, которые по умолчанию заложены в математической модели реактора.

Сырьевой поток блока изомеризации состоит из пентан-гексановой фракции и технического водорода. В потоке пентан-гексановой фракции содержатся алканы (n-Butane, i-Pentane, n-Pentane, 2-Mpentane, 22-Mbutane, 3-Mpentane, n-Hexane, M-cyclohexane, 2-Mhexane, 22-Mpentane, 223-Mbutane, 23-Mpentane, Cyclohexane, M-cyclopentan) и ароматический углеводород (Benzene). Исходные характеристики предствалены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные характеристики реактора изомеризации Isom – Reactor -100.

	R-101	R-102
Температура на входе [C]	135.0	120.0
Давление на входе [bar_g]	34,63	32,78
Объем катализатора [m3]	10,0	40,0
Плотность катализатора[kg/m3]	250,0	750,0
Возраст катализатора[days]	10,0	10,0

Калибровочные коэффициент, используемые для моделирования реактора изомеризации, генерируются во время настройки и калибровки.

Вкладке настройки калибровки отображаются основные цели и режимы калибровки. Все калибровочные коэффициенты программа рассчитывает сама при задании внутреннего потока.

Для расчёта замкнутой ХТС был выбран метод Вегстейна. После расчёта замкнутой ХТС были получены следующие результаты:

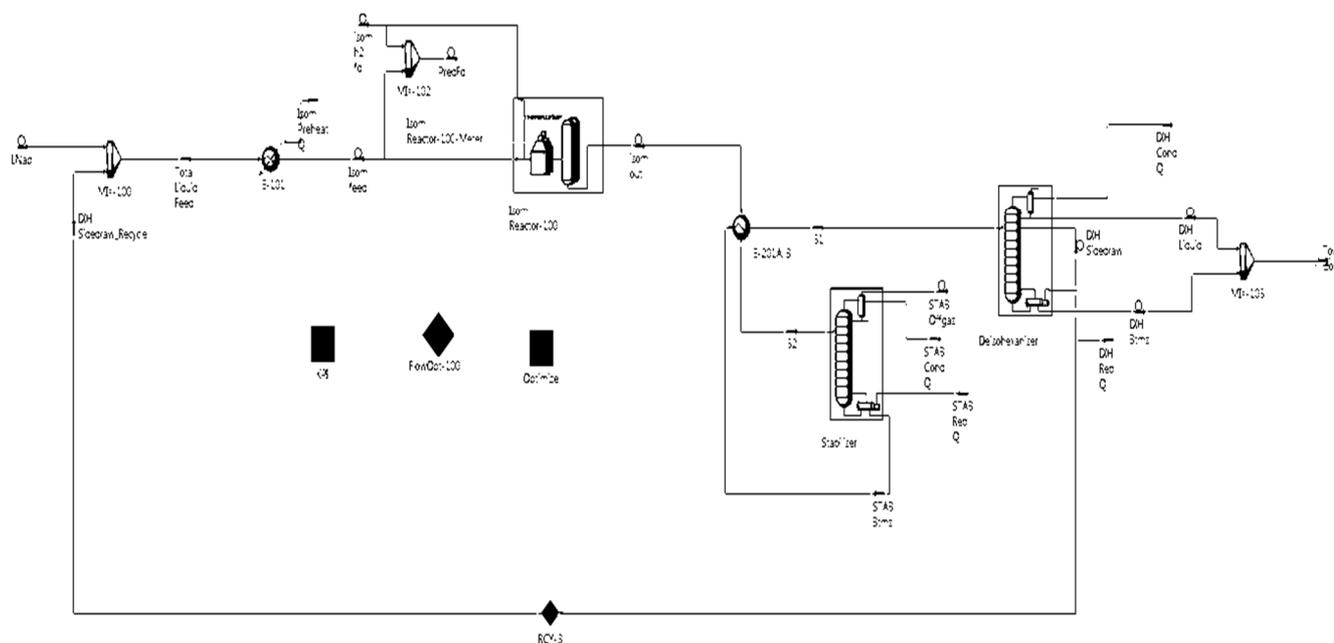
Таблица 2

Результаты параметров расчёта замкнутой ХТС

	DIH Sidedraw	DIH Sidedraw_Recycle
Температура [C]	105.28100	105.28103
Давление [bar_g]	2.24706	2.24706
Массовый расход [tonne/h]	14.52507	14.52516
ОЧИМ	75.846	75.850

Продуктовый поток блока изомеризации содержит в составе алканы (2-Mpentane, 22-Mbutane, 23-Mbutane, 3-Mpentane, n-Hexane, Mсyclohexane, 2-Mhexane, 223-Mbutane, 23-Mpentane, Cyclohexane, Mсyclopentan). После расчета замкнутой ХТС удалось снизить содержание тяжелых бензиновых фракций и ароматических соединений, увеличить содержание ключевых компонентов товарного изомеризата.

Блок-схема технологического процесса изомеризации пентан-гексановой фракции представлена на рисунке.



Блок-схема технологической модели процесса изомеризации пентан-гексановой фракции

В данной статье рассматривается задача оптимизации октанового числа товарного изомеризата реакторного блока изомеризации. В качестве критерия оптимальности было выбрано октановое число по исследовательскому методу (ОЧИМ)– N .

Анализ чувствительности показал, что на октановое число товарного изомеризата влияют следующие параметры:

- T_{R-101} – температура в первом реакторе R-101;
- T_{R-102} – температура во втором реакторе R-102;
- F_{BCF} Объемный расход ВСГ.

Анализ существующей схемы показал, что нужно контролировать разницу температур между реакторами R-101 и R-102 и заводскими данными модели:

- dT_{R-101} – разница температур реакторов по заводским и расчетным данным;
- dT_{R-102} – разница температур реакторов по заводским и расчетным данным;

Задача оптимизации – при наличии ограничений на разности температур между реакторами R-101 и R-102 модели и заводскими данными, найти такие значения температур в обоих реакторах и объемного расхода ВСГ, при которых значение критерия оптимальности будет максимальным.

$$\begin{aligned} & \max_{G_{BCF}, T_1, T_2} N(G_{C_5-C_6}, G_{BCF}, T_1, T_2), \\ & \varphi_0(G_{C_5-C_6}, G_{BCF}, y_0) = 0, \\ & \varphi_1(T_1, x_1, y_1, K) = 0 \\ & \varphi_2(T_2, x_2, y_2, K) = 0 \\ & x_1 = y_0, x_2 = y_1, \\ & \Delta T_1 \leq \Delta T_1^{зад}. \\ & \Delta T_2 \leq \Delta T_2^{зад}, \end{aligned}$$

где $N(G_{C_5-C_6}, G_{BCF}, T_1, T_2)$ - октановое число товарного изомеризата, x_i – вектор входных переменных i -го реактора соответственно; y_i – вектор выходных переменных i -го реактора соответственно; T_i – температура i -го реактора соответственно; $G_{C_5-C_6}$ – массовый расход фракции C_5-C_6 ; G_{BCF} – массовый расход водородсодержащего газа; $i=1,2$

Целевая функция – это октановое число товарного изомеризата, его необходимо повысить. Поэтому целевую функцию нужно максимизировать.

Вкладке расчет необходимо задать метод оптимизации, максимальное количество итераций и шаг.

Результаты полученные после операции оптимизации представлены в табл.3:

Таблица 3
Результаты оптимизации

Поисковые переменные и критерий	Режим Номинальный	Оптимальный
Температура в реакторе R-101, °C	135,0	132,35
Температура в реакторе R-102, °C	120,0	94,69
Объемный расход ВСГ, м ³ /h	2,4463	2,8054
Октановое число по исследовательскому методу	87,13	88,14

Построена модель реактора изомеризации найден режим работы установки, который позволяет повысить октановое число товарного изомеризата на 1 пункт. В результате решении задачи оптимизации октановое число товарного изомеризата составляет 88,14 пунктов.

Список литературы

1. Кузьмина Р.И. *Изомеризация – процесс получения экологически чистых бензинов: учеб. пособие* / Р.И. Кузьмина, М.П. Фролов, В.Т. Ливенцев. – Саратов: Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, 2008. – 88 с.
2. Ахметов С.А. *Технология и оборудование процессов переработки нефти*

и газа: учеб. пособие / С.А. Ахметов, Т.П. Сериков, И.Р. Кузеев, М.И. Баязитов; Под ред. С.А. Ахметова. – СПб.: Недра, 2006. – 868 с.

3. *HYSYS. ЗАО ТЕХНЕФТЕХИМ, 2004. – 738 с.*

4. *Системный анализ химико-технологических процессов с использованием программы ChemCad: учебно-методическое пособие / Федер. агентство по образованию, Казан. гос. технол. ун-т; сост. Н.Н. Зиятдинов [и др.]. – Казань, 2009. – 212 с.*

5. *Островский Г.М. Оптимизация технических систем / Г.М. Островский, Н.Н. Зиятдинов, Т.В. Лаптева. – М.: КНОРУС, 2012. – 432 с.*

ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ КУРСА «ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ»

В.В. Бронская, О.С. Харитоновна, Т.В. Игнашина, Ф.А. Мусина,
К.В. Рыкова, Р.Р. Гизатулина

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

***Аннотация.** Современное образование направлено на формирование конкурентноспособной и мобильной личности, способной жить и работать в непрерывно меняющемся мире. Для решения этой задачи можно использовать технологию проблемного обучения. Проблемное обучение — это технология развивающего обучения, в которой должны сочетаться самостоятельная систематическая поисковая деятельность студентов и решение проблемно-ориентированных задач.*

Задачи, которые стоят перед преподавателями, реализующими программы подготовки будущих специалистов – предложить такую организацию процесса обучения, которая даст возможность предвидеть возможные изменения в технологических процессах и обеспечивать основу для продуктивной профессиональной деятельности. Реализация этих целей обучения на кафедре процессов и аппаратов химической технологии КНИТУ, обеспечивается интеграцией фундаментальных, специальных и общеинженерных знаний. Для достижения этих целей решаются следующие задачи:

– наличие персонализированной образовательной среды для студентов благодаря комфортной социальной и профессиональной атмосфере на кафедре ПАХТ;

– наличие международного сотрудничества в подготовке бакалавров;

– обеспечение условий для прочного усвоения интегрированных знаний по математике и материаловедению, направленных на решение профессиональных задач;

– реализация практического обучения с применением разнообразных средств для решения теоретических и экспериментальных задач в системном моделировании;

– предоставление возможности студентам участвовать в командной деятельности, а также развивать и практиковать навыки письменного и устного общения в большой аудитории;

– возможность разрабатывать и проводить эксперименты в области химической инженерии, разрабатывать системы, компоненты и химические процессы для удовлетворения конкретных потребностей производства;

– формирование профессиональной ответственности и направленности на продолжение обучения на протяжении всей жизни.

При этом должны выполняться следующие организационно-педагогические условия [1,2]. Каждый студент будет иметь возможность проводить эксперименты, направленные на решение проблемных задач профессиональной деятельности, работать в качестве члена команды и иметь возможность осуществлять управленческую деятельность, определять, формулировать и решать проблемы химической инженерии и проектировать компоненты системы или процессы в рамках реальных условий, таких как: соблюдение норм экологической безопасности, технологичности и устойчивости в химической промышленности, а также каждый студент будет иметь возможность использовать методики, современный инструментарий, необходимые для осуществления инженерной практики

У студента будет понимание профессиональной ответственности за принятые решения и сформированное мировоззрение, которое будет способствовать всестороннему пониманию разнообразия мира и его культуры. Каждый студент в процессе обучения должен удовлетворять собственные потребности в профессиональном самоопределении и потребности общества и государства в квалифицированных специалистах.

Примерный алгоритм создания системы проблемных ситуаций:

1. Содержание занятия разбивается на 3-5 логических частей (этапов), к каждой из которых конструируется проблемное задание или вопрос, в соответствии с целью этапа занятия (освоение, закрепление или актуализация знаний, систематизация знаний, применение и контроль усвоения знаний и т.д.).

2. Каждый этап реализуется в соответствии с алгоритмом, приведенным ниже.

3. Рекомендуется при создании проблемной ситуации каждого этапа изменять вид источника информации (дидактическое средство), необходимого для восприятия и решения проблемной ситуации (схемы, таблицы, сообщение преподавателя, видео материал, текст учебника, демонстрация опыта).

В заключении хотелось бы отметить, что, выбор технологий обучения преподаватель осуществляет руководствуясь, прежде всего, своим педагогическим опытом и спецификой содержания учебного материала.

Регулярное использование проблемного обучения на учебных занятиях способствует тому, что студенты не будут «пасовать» перед проблемами, а будут стремиться находить пути их разрешения.

Список литературы

1. Левитес Д.Г. Практика обучения: современные образовательные технологии /Д.Г. Левитес. – М., 2008.
2. Махмутов М.И. Теория и практика проблемного обучения. – Казань, 1972. – 365 с.

ПЛАНИРОВАНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

М.А. Башкирова, Н.Н. Афанасьева
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. Вопрос об организации охраны труда актуален, так как имеет большое влияние на конечный результат производственной деятельности. Охрана труда устанавливает не только требования безопасности для сотрудников, которые они обязуются соблюдать, но и отвечает за проведение мероприятий, направленных на сокращение воздействия вредных и опасных факторов производственной среды на человека. Для систематизации подобного воздействия составляется план мероприятий по охране труда, анализ разработки которого рассматривается в данной статье.

Эффективный и безопасный труд возможен только в том случае, если производственные условия на рабочем месте отвечают всем требованиям международных стандартов в области охраны труда. Необходимое условие благополучной работы любого предприятия – это комплексная система мероприятий по охране труда. Право на безопасный труд закреплено в Конституции Российской Федерации (п.3 ст. 37).

Мероприятия по охране труда – это совокупность действий правового, социального, экономического, организационного, технического, гигиенического, лечебного, профилактического и профессионального реабилитационного характера, направленных на выполнение нормативных требований безопасности и гигиены труда в целях обеспечения безопасности жизни, сохранения здоровья и работоспособности работников в процессе трудовой деятельности.

При составлении планов мероприятий по охране труда следует принимать за основу результаты специальной оценки рабочих мест по условиям труда; акты формы Н-1 о несчастных случаях на производстве; материалы инспекционных проверок федеральных органов надзора и контроля; предписания и заключения органов, осуществляющих государственную экспертизу условий труда; результаты проверок федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих функции управления соответствующей сферой экономической деятельности; приказы и распоряжения собственно организации; материалы комитета (комиссии) по охране труда; предложения профсоюзных организаций и иных уполномоченных работниками представительных органов; предложения работников.

При осуществлении мероприятий по охране труда необходимо учитывать государственные нормативные требования охраны труда, зафиксированные во всех видах нормативных правовых актов (ГОСТ, ССБТ, СНиП, СанПиН, СП, ГН, регулирующие уровни ПДК, ПДУ, межотраслевые правила по охране труда и другие межотраслевые и отраслевые нормативные правовые акты по охране труда).

Безопасность жизнедеятельности является ключевым аспектом в вопросе обеспечения мероприятий по улучшению условий и охраны труда. В целях снижения производственных рисков на любом действующем производстве в соответствии с ГОСТ 12.0.230-2007 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования ILO-OSH2001» и с международными стандартами по СУОТ, необходимо внедрять и поддерживать соответствующие технические регламенты, устанавливать правила и методы оценки риска, заниматься непрерывным мониторингом обнаружения опасных факторов, принимать меры для снижения уровня риска. А в случае обнаружения несоответствий – разрабатывать и реализовывать профилактические и корректирующие мероприятия.

Начиная подготовку того или иного мероприятия по охране труда, следует определить: для чего оно будет проводиться, на кого рассчитано, какие результаты ожидаются. В зависимости от поставленной цели выбирают методы ее достижения, дают поручения работникам, создают комиссии (группы, советы и т.п.). В состав комиссии (рабочей группы) по подготовке и проведению мероприятия по охране труда обязательно включают представителей тех, на кого в первую очередь рассчитаны мероприятия.

Эффективность мероприятия зависит от установления сроков его проведения, от определения порядка учета выполненной работы, предупреждающих или корректирующих действий. Необходимо детально обосновать техническое оснащение намеченного мероприятия, его финансовое и кадровое обеспечение.

Планы конкретизируют деятельность организации. При составлении планов можно использовать классификацию мероприятий по охране труда. Различают организационные, санитарные, технические и «индивидуальные» мероприятия.

Организационные мероприятия по охране труда – часть общей системы организации труда и производства; предусмотрены нормативными документами. К ним относятся: выполнение требований научной организации труда; спецоценка и сертификация рабочих мест; инструктирование персонала по охране труда; профессиональный отбор и организация медицинских осмотров; социальное страхование; расстановка персонала в соответствии с квалификацией; разработка планов ликвидации последствий аварий; разработка и выполнение планов осмотра и ремонта оборудования; разработка графика уборки рабочих мест; составление перечня опасных работ; расследование, учет и анализ несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний; организация специального питания; пропаганда охраны труда; разработка системы мер поощрения и наказания.

На опасных производственных объектах к числу организационных мероприятий по охране труда относятся также: лицензирование опасных работ; сертификация оборудования; расследование аварий и ликвидация их последствий; прогнозирование чрезвычайных ситуаций; экспертиза и декларирование промышленной безопасности; страхование ответственности.

Санитарные мероприятия по охране труда разрабатываются в основном на стадии строительного проектирования, обеспечиваются и совершенствуются по мере необходимости в процессе текущей деятельности организации. К ним относятся: выполнение требований охраны труда и безопасности при планировании и содержании территории, основных и вспомогательных зданий, складов, отдельных цехов и помещений; обеспечение необходимых параметров микроклимата и чистоты воздуха в рабочей зоне (вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха); обеспечение качества освещения; обеспечение санитарно-бытовыми помещениями и санитарно-техническими устройствами; выполнение требований производственной эстетики и санитарной защиты окружающей среды.

К техническим мероприятиям по охране труда относится обеспечение выполнения требований безопасности к производственному оборудованию, его размещению, трубопроводам и коммуникациям, грузоподъемным и транспортным средствам, техническим средствам защиты персонала, методикам и приборам по контролю параметров среды и уровня опасных и вредных факторов.

Общие мероприятия: автоматизация и механизация работ; дистанционное управление; использование управляющих машин; блокировка и сигнализация. Частные мероприятия: устройство ограждений; экранирование от излучений; выполнение требований электробезопасности и т. п.

Мероприятия по индивидуальной защите предусматривают: выбор эффективных средств индивидуальной защиты (СИЗ) работников; обеспечение правильного хранения и исправности СИЗ; обучение персонала правилам использования СИЗ.

При составлении планов мероприятий по охране труда используют Рекомендации по планированию мероприятий по охране труда, а также результаты специальной оценки рабочих мест по условиям труда, материалы инспекционных проверок государственных органов надзора и контроля, предписания и заключения органов государственной экспертизы условий труда, материалы комитета (комиссии) по охране труда, предложения профсоюзных организаций и иных уполномоченных работниками представительных органов, предложения работников.

Затраты на мероприятия по охране труда относят на себестоимость продукции (работ, услуг) в рамках установленных нормативов и в соответствии со ст. 254, 255 и 264 гл. 25 «Налог на прибыль организаций» ч. 2 НК РФ.

Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда работодателями (за исключением государственных унитарных предприятий и федеральных учреждений) осуществляется в размере не менее 0,2 процента суммы затрат на производство продукции (работ, услуг).

Обеспечение высокого уровня организации охраны труда напрямую отражается на эффективности работы производства, растет производительность труда работников, что оказывает большое влияние на экономический рост предприятия, идет увеличение объема выпускаемой предприятием продукции. Также при правильно выработанной системе обеспечения охраны труда идет сокращение потерь рабочего времени, минимизируются случаи производственного травматизма, профессиональных заболеваний и пр.

Список литературы

1. *Безопасность жизнедеятельности / Под ред. Э.А. Арустамова. – М., 2000.*
2. *Куренной А.М. Правовое регулирование охраны труда // Практический журнал для руководителей и менеджеров, №7 – 2001.*
3. *Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности / С.В. Белов, Л.Л. Морозова, В.П. Сивков. – М.: Высшая школа, 2001.*
4. *Шевченко Н.Г. Основы безопасности жизнедеятельности / Н.Г. Шевченко. – М.: Инфра-М, 2004.*

ТЕОРИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ю.В. Филаткин

Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье даются понятия теории, метода, наблюдения. Рассматриваются основные методы, применяемые в науке. Приводятся примеры анализа современных технологий.

Теория – это система основных идей в той или иной отрасли знания. Главной основой развития теории является практика. Смыслом любых исследований является мышление. Оно подразделяется на абстрактное и логическое. С помощью абстрактного человек получает новые знания, а с помощью логического – обоснованные выводы в процессе рассуждений.

Понятие – есть результат отражения общих свойств группы предметов и явлений в сознании человека, которые важны для выделения одной из групп [1].

Виды понятий: общие и единичные, собирательные, конкретные, относительные.

Для выделения свойств, описывающих тот или иной объект, используют признаки. Признаки, которые выражают внутреннюю природу объекта называют существенными. В этом случае они всегда принадлежат этому объекту.

Метод – есть способ достижения цели, путь к чему-либо. Существует группа методов, которые используются для экспериментальных и теоретических исследований, туда входит: сравнение, анализ, индукция, абстракция [2].

Рассмотрим подробнее каждый метод.

1. Анализ – разложение объекта на составные элементы. Особую важность представляет анализ технических объектов (ТО).

При анализе ТО выделяют 2 подхода:

– Мысленное или реальное разложение объекта на составные элементы (выявляется состав элементов и отношений между ними);

– Разложение составляющих свойств и отношений объекта на свойства и отношения (один из них подвергается наиболее длительному анализу, ему уделяется больше внимания).

2. Синтез – это метод научного исследования объекта, в изучении его как единого целого, так и его отдельных частей. Этот метод является противоположным анализу.

3. Индукция – это операция мышления, при которой умозаключение идет от единичных фактов к целому. Она способствует получению знаний в большей степени.

4. Абстракция – это метод научного исследования, который отделен от несуществующих сторон и признаков рассматриваемого объекта. Она позволяет заменить сложный процесс наиболее простым.

Примером может служить анализ трубопроводной системы, с одной стороны, как объекта, обладающего определенным гидравлическим сопротивлением, а с другой – как объекта, который не должен разрушаться при действии на него различных нагрузок [3,4].

На сегодняшний день инновационные технологии требуют применения различных подходов и комплексных методов, обладающих многовариантностью и системностью.

Наблюдение же является одним из основных эмпирических методов, самым простым в естественных условиях. Чтобы его результаты оказались точными исследователь должен фиксировать и оценивать события, связанные с целью наблюдения.

Список литературы

1. Романов В.Н. *Планирование эксперимента: учеб. пособие / В.Н. Романов; Северо-Западный заочн. политехн. ин-т. – СПб., 1992. – С. 57-64.*

2. Строгалев В.П. *Имитационное моделирование: учеб. пособие для вузов / В.П. Строгалев, И.О. Толкачева. – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2008. – С. 178.*

3. Турчак Л.И. *Основы численных методов: учебное пособие для вузов / Л.И. Турчак, П.В. Плотников. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Физматлит, 2003. – С. 78-81.*

4. Власов К.П. *Методы научных исследований и организации эксперимента: учеб. пособие / К.П. Власов; СПб. гос. горный ин-т им. Г.В. Плеханова (техн. ун-т. – СПб., 2000. – С. 45-46.*

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ

ОБЗОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОПУЩЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ В МАССИВАХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Е.Е. Фомина

Тверской государственной технической университет,
г. Тверь

Аннотация. Анализ экономических данных связан с исследованием больших массивов переменных, которые могут содержать пропущенные значения. Наличие значительного числа некомплектных наблюдений может привести к искажению результатов статистического анализа, ошибочной интерпретации результатов моделирования. Настоящая статья посвящена обзору программного обеспечения, предназначенного для импутации отсутствующих значений при проведении экономических исследований.

Анализ экономических данных предполагает обработку больших массивов переменных. Зачастую такие переменные могут содержать пропущенные, по различным причинам, значения. На сегодняшний день разработано большое количество алгоритмов для решения задачи восстановления пропусков, или импутации. Среди наиболее известных можно отметить такие, как замена мерой средней тенденции, метод *HotDeck*, регрессионный анализ, алгоритм *ZET*, алгоритм Бартлета, *EM*-алгоритм, алгоритм *Resampling*, методы множественной импутации, нейронные сети [1, 2, 5, 6]. Однако, решение проблемы восстановления пропущенных значений без использования вычислительной техники – достаточно трудоемкая задача.

Цель настоящей статьи заключается в том, чтобы провести обзор современного программного обеспечения, которое может применяться для решения задачи импутации в экономических исследованиях.

Существующие на сегодняшний день пакеты обработки данных не дают возможности проводить процедуру импутации, используя все перечисленные выше методы. В статистических программах реализованы, в основном, такие методы, как удаление некомплектных наблюдений, замена пропущенных значений средним арифметическим, восстановление с использованием регрессионного анализа и метода множественной импутации.

Среди программного обеспечения, которое может применяться для решения задачи импутации можно отметить *MS Excel*, *SPSS Statistics*, среду статистического анализа *R*, ряд специализированных пакетов, предназначенных для обработки экономических данных, представленных ниже.

Табличный процессор *MS Excel* содержит набор статистических функций и надстройку *Анализ данных* для реализации простых способов импутации, таких, как замена мерой средней тенденции, регрессионный анализ.

SPSS Statistics включает два модуля для работы с некомплектными

записями [3, 4]:

модуль *Missing Value Analysis (MVA, Анализ пропущенных значений)* осуществляет проверку данных и обнаруживает закономерности в распределении пропущенных значений;

модуль *Multiple Imputation (Множественная импутация)* позволяет производить восстановление пропущенных значений методом множественной импутации. Работа модуля возможна в двух режимах: в автоматическом (автоматически выбирает метод импутации на основе анализа сканирования данных) и в пользовательском.

Импутация в пользовательском режиме предполагает применение итерационного метода Монте-Карло с использованием Цепей Маркова (используется как для монотонной, так и для немонотонной структуры данных) и не итерационного метода, который можно использовать только при наличии монотонной структуры пропущенных значений. Для каждой переменной в монотонном порядке метод строит одномерную модель (линейной регрессии или логистической регрессии, в зависимости от типа переменных), используя все предыдущие переменные как независимые, далее на основе построенной модели происходит импутация пропущенного значения.

Среда статистического анализа *R* включает в себя такие библиотеки (пакеты), как *Amelia*, *MICE* и *MI*, содержащие функции для восстановления пропущенных значений, как простыми методами, так и методом множественной импутации [6].

К специализированным пакетам, которые не имеют широкого распространения, но могут эффективно использоваться для решения задачи импутации, относятся такие пакеты как, *STEPS* и *AGGITS* (США), *GEIS* (Канада), *SOLAS* (Ирландия).

Список литературы

1. Абраменкова И.В. Методы восстановления пропусков в массивах данных / И.В. Абраменкова, В.В. Круглов // Программные продукты и системы, 2005. – № 2. – С. 4.
2. Злоба Е. Статистические методы восстановления пропущенных данных / Е. Злоба, И. Яцкие // Computer Modelling & New Technologies, 2002. – Vol. 6. – № 1. – P. 51-61.
3. Многомерный статистический анализ в экономических задачах: компьютерное моделирование в SPSS: учебное пособие / Под ред. И.В. Орловой. – М.: Вузовский учебник, 2009. – 309 с.
4. Наследов А.Д. SPSS – Компьютерный анализ данных в психологии и социальных науках. 2-е изд. / А.Д. Наследов. – СПб.: Питер, 2005. – 416 с.
5. Пимонов А.Г. Методы, алгоритмы и программные средства для восстановления пропущенных данных в массивах экономической статистики / А.Г. Пимонов, Е.А. Глебова, Т.В. Сарапулова, В.В. Глебов // Экономика и управление инновациями, 2017. – № 3. – С. 52-66.
6. Фабрикан М.С. Практики сбора и анализа формализованных данных / М.С. Фабрикан // Социология: методология, методы, математическое моделирование, 2015. – № 41. – С. 7-29.

Содержание

ИННОВАЦИОННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Потетюрин М.А., Катин В.Д. О классификации токсичных продуктов сгорания газовых котлов и нормировании выбросов загрязняющих веществ.....	3
Куханевич А.А., Катин В.Д. Технические решения по сокращению вредных выбросов оксидов азота из мазутных котлов.....	5
Артемов А.В., Катин В.Д. Новая малоотходная технология сжигания топлива в нефтезаводских печах.....	7
Волчанская А.А. Чайный гриб как основа получения в промышленности функциональных напитков.....	9
Якупов В.М., Галямов Р.Р., Шарифуллина А.Ю. Система автоматического управления газовой компрессорной установкой. Вопросы оптимизации и защиты от помпажа.....	11
Гаврилов В.А., Шарифуллина А.Ю. Автоматизация процесса получения формалина.....	16
Сафин Д.А., Усманова А.А. Автоматизация резиносмесителя.....	18
Хохлова Л.Н., Скоробогатова Л.Н., Назаркина М.Г., Гусева А.А. Анализ факторов риска сердечнососудистой патологии у лиц молодого возраста.....	20
Филиппов В.Л., Винокуров Е.Г. Инкрустированные хромовые покрытия.....	23
Лутфуллин Д.Ф., Чупаев А.В. Система управления современными холодильными компрессорными установками.....	27

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ, РЕСУРСО И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Заживихина Е.И., Маркова С.А., Заживихин Д.А. Соединения кремния и их биологическая роль.....	31
Панарин В.М., Маслова А.А., Гришаков К.В., Рыбка Н.А. Математическое описание параметров защитной smart-каска мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий.....	33
Панарин В.М., Маслова А.А., Гришаков К.В., Рыбка Н.А. Нормализация параметров математической модели комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени.....	39
Савинова Л.Н., Борисова А.С., Каменских М.М. Стойкие хлорорганические пестициды как значимые загрязнители окружающей природной среды.....	41
Пушилина Ю.Н. Применение зеленых насаждений в архитектуре.....	47

Канищев М.В., Мешалкин В.П., Ульев Л.М. Определение энергоэффективности секции первичной переработки нефти на установке ЛК-6Ус....	50
Пушилина Ю.Н. Комплексный подход к созданию и благоустройству среды, окружающей человека.....	57
Трущенко Р.Л. Особенности и применение технологии многостадийного гидравлического разрыва пласта Texas two step.....	60

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОИЗВОДСТВ

Царьков Г.Ю. Формирование базы данных информационно-управляющей системы для построения алгоритма управления параметрами разветвленной газораспределительной сети.....	63
Царьков Г.Ю. Разработка математической модели прогнозирования параметров газораспределительной сети.....	68
Царьков Г.Ю., Алексеева П.Г., Панькова И.Г. Разработка программно-аппаратного комплекса прогнозирования и минимизации выбросов природного газа в атмосферу.....	71
Кондратьева Е.В., Кондратьева О.Ю., Терин Д.В. Элементы молекулярного моделирования.....	72
Рахимова Н.А., Галямов Р.Р. Моделирование процесса изомеризации.....	75

ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Бронская В.В., Харитоновна О.С., Игнашина Т.В., Мусина Ф.А., Рыкова К.В., Гизатулина Р.Р. Реализация проблемного обучения в рамках курса «Процессы и аппараты химической технологии».....	80
Башкирова М.А., Афанасьева Н.Н. Планирование и классификация мероприятий по охране труда.....	82
Филаткин Ю.В. Теория экспериментов инновационных технологий.....	85

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ

Фомина Е.Е. Обзор программного обеспечения для восстановления пропущенных значений в массивах экономических данных.....	87
---	----