

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СЕРВИСА

научный журнал

№ 2 (35) 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

### НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ

Р. Г. Мелконян

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СПОСОБ ПРИГОТОВЛЕНИЯ  
СТЕКЛЬНОЙ ШИХТЫ «КАНАЗИТ» ..... 3

А. К. Курочкин

ПРОСТАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ НПЗ  
С УГЛУБЛЕНИЕМ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ ..... 8

### ЭКСПЕРТИЗА, ДИАГНОСТИКА, НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ

Э. А. Микаэлян, А. В. Коротков

ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ  
ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ..... 14

К. И. Куприянова, Б. П. Сергиев, Н. А. Лукьяненко

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ  
СОПРОВОЖДАЮЩЕЙ ДИАГНОСТИКИ,  
ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ  
В УСЛОВИЯХ РАСШИРЕННЫХ РАМОК  
МЕЖДУ КАПИТАЛЬНЫМИ РЕМОНТАМИ ..... 16

**Главный редактор**  
М. Н. БУТКЕВИЧ

**Редакционная коллегия:**

В. Н. АЗАРОВ,  
В. М. АРТЮШЕНКО,  
А. И. БЕЛОВ,  
Б. В. БОЙЦОВ,  
В. А. ВАСИЛЬЕВА,  
С. Г. ЕМЕЛЬЯНОВ,  
Г. И. ЛАЗАРЕВ,  
И. Н. ЛОГАЧЕВА,  
Е. А. ЛУКАШЕВ  
(зам. главного редактора),  
Л. В. МОРОЗОВА,

А. В. ОЛЕЙНИК,  
И. Э. ПАШКОВСКИЙ  
Н. А. ПЛАТОНОВА,  
Е. Ю. ПОЛИКАРПОВ,  
А. В. ПУТИЛОВ,  
К. Л. САМАРОВ,  
А. В. СУВОРИНОВ,  
Б. П. ТУМАНЯН,  
Л. М. ЧЕРВЯКОВ,  
В. С. ШУПЛЯКОВ

**Редактор**  
Н. Н. ПЕТРУХИНА  
**Оформление и верстка**  
В. В. ЗЕМСКОВ

## **ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ**

Е. А. Ясакова, А. В. Ситдикова, А. Н. Морозов, А. Ф. Ахметов

РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ ПРОИЗВОДСТВА  
ВЫСОКООКТАНОВЫХ БЕНЗИНОВ  
В ОАО «САЛАВАТНЕФТЕОРГСИНТЕЗ» .....24

## **СЕРВИС, РЕМОНТ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ**

Е. А. Волкова, В. П. Казюлькин

«ВРЕМЕННЫЙ РЕМОНТ» РЕЗЕРВУАРОВ:  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ  
ИЛИ УВЕЛИЧЕНИЕ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ  
ИНЦИДЕНТОВ И АВАРИЙ? .....32

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

А. А. Башлыков, М. А. Лыгин, С. Ф. Дрожжинов, А. В. Черникин

ПРОЕКТ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
МАГИСТРАЛЬНЫМ НЕФТЕПРОВОДОМ.....35

## **ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ**

А. Х. Купцов, Т. В. Арбузова

НОВЫЙ ПОДХОД К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЙ  
МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССОВ И КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОТАГОВ БЛИЖНЕГО ИК-ДИАПАЗОНА .....44

## **АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР**

А. В. Назаров, Ю. Н. Киташов, А. М. Ильинец

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОТОПЛИВ И ИНТЕНСИФИКАЦИЯ  
ПОЛУЧЕНИЯ СЫРЬЯ ДЛЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВА .....55

Л. А. Аллахвердиева

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕЖДУНАРОДНОМ  
РЕГУЛИРОВАНИИ ТУРИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....61

### **Адрес редакции:**

111116, Москва, ул. Авиамоторная, 6.  
Тел./факс: (495) 361-11-95.  
e-mail: tpps@list.ru

При перепечатке любых материалов  
ссылка на журнал  
«Теоретические и прикладные  
проблемы сервиса» обязательна.

Редакция не несет ответственности  
за достоверность информации  
в материалах, в том числе рекламных,  
предоставленных авторами  
для публикации.

Журнал зарегистрирован  
в Министерстве РФ по делам печати,  
телерадиовещания  
и средствам массовой коммуникации.  
Свидетельство о регистрации  
ПИ № 77-9918 от 10.10.2001 г.  
ISSN 1815-218X

Подписной индекс в каталоге  
агентства «Роспечать» 46831  
Материалы авторов не возвращаются.  
Тираж 1000 экз.

© Журнал «Теоретические  
и прикладные проблемы сервиса», 2010

## Гидротермальный способ приготовления стекольной шихты «КАНАЗИТ»

Р. Г. Мелконян

Московский государственный горный университет

*Научно обоснован и разработан способ получения стекла минуя жидкую фазу, на основе каназита, полученного путем гидротермальной обработки аморфных горных пород. Установлено, что каназит – это комплексное стекольное сырье, представляющее собой сцементированные агрегаты силикатных соединений, непосредственно пригодные для стекловарения без каких-либо добавок стеклообразующих компонентов, а также осветлителей. Благодаря аморфному фазовому составу и тонкодисперсному состоянию компонентов, каназит имеет высокую реакционную способность, которая обуславливает интенсивное протекание процессов стекловарения и позволяет снизить температуру варки на несколько сот градусов.*

**Ключевые слова:** аморфные горные породы, стекольное производство, диоксид кремния, гидротермальный синтез стекольной шихты, каназит.

Для успешного развития промышленности строительных материалов, в том числе стекольного производства, важнейшее значение имеет наличие надежной минерально-сырьевой базы и выбор основных направлений наиболее эффективного ее использования.

Большую роль при оценке ресурсов имеют геологические особенности размещения месторождения. Предприятия по производству крупнотоннажного стекольного сырья, как правило, должны размещаться вблизи подготовленных к эксплуатации месторождений, и желателен, вблизи от потребителей минерального сырья — стекольных заводов. Это положение верно для всех производств, потребляющих горнорудное сырье в исходном или подготовленном виде. Размещение заводов вблизи сырьевой базы хотя бы одного из главных компонентов стекла способствует уменьшению его себестоимости за счет сокращения транспортных перевозок.

Особенностью стекольной промышленности нашей страны является использование, главным образом, отечественного минерального сырья. В ближайшее время такая структура, в основном, сохранится, несмотря на создание новых предприятий по обогащению кварцевого песка и других видов минерального сырья.

Как известно, кремнезем — главная составная часть большинства промышленных стекол. Его содержание в них колеблется в пределах 55–75% [1]. Экологичность процессов стекловарения в последнее время, в частности у американских ученых, вызывает большие опасения по поводу использования кристаллического кварца в стекольной и керамической промышленности.

Так, в работе [2] говорится о том, что керамическая и стекольная промышленность, а также

производство минерального сырья находятся в критической точке своей истории.

В 1999 году Международное агентство по изучению рака IARC (International Agency for Research on Cancer) включило кристаллический диоксид кремния в группу канцерогенных веществ. Это вызвало настоятельную необходимость детального исследования этой проблемы [3]. Диоксид кремния используется в строительстве, земледелии, пищевой и фармацевтической промышленности, в производстве красок и лаков, и, конечно, в силикатной промышленности. В настоящее время предприятия, которые в какой-либо форме используют кристаллический диоксид кремния, могут столкнуться с новыми и потенциально значительными расходами, которые следуют из указанной проблемы.

Известно, что многие формы кристаллического диоксида кремния представлены различными материалами, однако нет полной ясности в том, какое значение имеют эти различия [4]. В эпидемиологических исследованиях, изучающих влияние минеральной пыли на силикоз, все источники кристаллического кварца объединены.

Такой вывод был сделан вопреки тому, что в действительности изучался единственный вид диоксида кремния — молотый кварц. В то же время, медицинские специалисты допускают, что молотый кварц и диоксид кремния, образовавшийся в результате геологического старения и содержащийся в глинах или подобных промышленных сырьевых материалах, отличаются друг от друга настолько, что могли бы считаться различными материалами.

Наиболее опасна пыль свободного кристаллического диоксида кремния — кварца и других

модификаций, агрессивна также пыль силикатов (солей кремниевой кислоты), минеральная пыль [5]. Указанные виды пыли именуется аэрозолями фиброгенного действия.

После того, как в США диоксид кремния, используемый в силикатной промышленности, был квалифицирован как канцероген 1-ой группы, многие государственные организации пересматривают действующие до сих пор лимиты экспозиции людей по отношению к действию веществ, содержащих кристаллический диоксид кремния.

Управление по безопасности труда и здоровья (Occupational Safety and Health Administration), а также Центр по контролю заболеваний через Институт по безопасности труда и здоровья начали уделять особое внимание тем отраслям промышленности, где трудящиеся подвергаются воздействию диоксида кремния. В будущем определенное регулирование может распространяться на работников, предприятия и потребителей, связанных с продуктами, содержащими диоксид кремния.

Перед Керамическим обществом США возникли проблемы получения подтверждающих сведений о материалах, содержащих диоксид кремния, и обеспечение этой информацией исследовательских групп и государственных органов для окончательного выяснения комплексности проблематики кристаллического диоксида кремния и минералов на его основе [3].

В свете вышесказанного, можно сделать следующие выводы:

- вредное влияние пыли зависит от ряда факторов: химического состава, дисперсности, формы частиц, структуры, электростатичности, плотности, концентрации ее в воздухе, длительности воздействия в течение смены, профессионального стажа, сочетания с другими факторами;

- длительный контакт с пылью может вызвать поражение органов дыхания: пылевые бронхиты, пневмокониоз, туберкулез и другие заболевания. Кроме того, пыль является причиной кожных поражений, в том числе и аллергического характера;

- наиболее опасна пыль свободного кристаллического диоксида кремния — кварца и других модификаций, агрессивна пыль силикатов, а также минеральная пыль;

- в связи с тем, что диоксид кремния был квалифицирован в США как канцероген 1-ой группы, то вопрос его замены на экологически безопасное вещество стоит очень остро [3];

- поскольку аморфные горные породы более безопасны в экологическом плане, то замена кварцевых песков в стекольной промышленности

такими породами, как перлиты, пемзы, опоки, трепела и др. безусловно, даст возможность положительно решить этот вопрос [7].

В последние годы сильно осложнилось обеспечение стекольного производства минеральным сырьем. Слабая оснащенность действующих горных и горно-обогатительных предприятий по добыче и переработке минерального сырья, сложности с инвестированием освоения новых месторождений, значительная отдаленность сырьевых баз от потребителей, недостаточность подвижного состава, отсутствие внедрения новой техники и технологии, истощение запасов кондиционного природного сырья обусловили неудовлетворительную обеспеченность отрасли сырьем требуемого качества.

Многие месторождения сырьевых материалов, которые эксплуатировались длительное время, и сырье которых стало традиционным, в настоящий момент выработаны. Для обеспечения потребности стекольных заводов необходима разработка новых месторождений. В ряде случаев неизбежен переход к более бедным и труднодоступным месторождениям. В этих условиях предприятия отрасли все чаще используют отходы различных производств, а также отвалы и другие недефицитные горные породы.

Так, горные породы и их отходы как комплексное сырье применяются на ряде стекольных заводов юга России и стран СНГ [8]. В производстве окрашенных бутылок успешно и достаточно широко используются металлургические шлаки, в т. ч. доменный и феррохромовый, а также отходы промышленности, например, отработанные катализаторы.

Важными этапами производства изделий из стекла являются подготовка сырьевых материалов и приготовление стекольной шихты. Высокие требования, предъявляемые к шихте: однородность химического состава, постоянство гранулометрического состава компонентов, отсутствие ее расслоения, загрязнения механическими примесями, пыления и улетучивания компонентов на всех этапах транспортировки и варки, необходимость уменьшения энергозатрат на транспортировку — часто делают процесс подготовки шихты определяющим при изготовлении стеклоизделий высокого качества.

Применение порошковой шихты приводит к запыленности цехов, ухудшению условий труда и к значительному повышению расхода сырьевых материалов при ее составлении. Загрузка сыпучей шихты в печь вызывает потерю легколетучих компонентов в результате их выброса в атмосферу и уменьшение срока службы стекловаренных печей [8].

Для решения экологических проблем стекольную шихту необходимо уплотнять, и получать ее в виде гранул или брикетов. Уплотненная шихта даст возможность предварительно нагревать ее перед варкой, сократить время варки, увеличить мощность стекловаренных печей, что приводит к экономии топливно-энергетических ресурсов [9].

В стекольной промышленности повышенный интерес, как сырье, обладающее широким диапазоном ценных свойств и различными возможностями применения в народном хозяйстве, в частности в производстве стекла, вызывают высококремнистые аморфные горные породы. Характерной особенностью этих пород является, с одной стороны, наличие активной аморфной кремнекислоты, с другой — тонкодисперсная структура и малая теплопроводность. Совокупность указанных свойств обуславливает высокую химическую активность указанных пород, возможность их пользования в качестве адсорбентов, осушителей, катализаторов, фильтровальных и теплоизоляционных материалов и наполнителей.

Россия, как и бывший СССР, располагает крупнейшей сырьевой базой различных по составу и свойствам кремнистых аморфных пород, перлитов, пемзы, опок, диатомитов, трепелов, спонголитов и др. [10].

Только разведанные запасы названных пород в нашей стране превышают 1,1 млрд. т. В этом отношении Россия занимает ведущее место в мире. Однако кремнистые породы используются в основном для производства цемента, а также в теплоизоляционной и стекольной промышленности [6].

В конце 50-х — начале 60-х г. г. прошлого века в Ереванском НПО «Камень и силикаты» был разработан принципиально новый способ гидротермального синтеза стекольной шихты из горных пород — перлита и нефелинового сиенита [11]. В опытно-глиноземном цехе Канакерского алюминиевого завода «КАНАЗ» (г. Ереван) Г. С. Мелконяном разработан и опробован универсальный способ получения комплексного сырья для стекольной промышленности — натриево-кальциевого силиката, названного «Каназитом».

В качестве основного продукта для его получения использовали метасиликат натрия, который, в свою очередь, может быть получен прямым растворением различных модификаций кремнезема в растворах едких щелочей [11]. Наиболее подходящим компонентом для осуществления процесса является аморфный кремнезем. Сырьевыми материалами, содер-

жащими аморфный кремнезем, могут служить перлит, диатомит, трепела, опоки и др., а также различные кремнеземистые промышленные отходы. Для растворения аморфного кремнезема достаточна температура 80–100°C.

Предложенный «мокрый способ» позволяет получать многокомпонентное сырье, отличающееся однородностью как в химическом, так и в физическом отношении. При этом обеспечивается высокая чистота продукта (содержание примесей в пределах 10<sup>-3</sup>%). Этот процесс можно легко механизировать и автоматизировать. Отмечается, что полученный продукт плавится и превращается в чистое стекло при более низкой температуре (1000–1100°C), чем обычное стекло.

В отличие от существующего сухого способа приготовления стекольной шихты, впервые в мировой практике предлагается «мокрый способ», то есть приготовление шихты «Каназит» происходит в водной среде, фактически в коллоидном растворе. Таким образом, перемешивание растворов или суспензий стеклообразующих компонентов происходит фактически на уровне «наночастиц».

Итак, «Каназит» — это комплексное стекольное сырье, представляющее собой сцементированные агрегаты силикатных соединений, непосредственно пригодных для стекловарения без каких-либо добавок стеклообразующих компонентов и осветлителей. Он представляет собой тонкодисперсный порошок белого цвета с объемной массой 0,4–0,5 кг/м<sup>3</sup>, высокой степенью однородности и химической чистоты, пригоден непосредственно для стекловарения без введения каких-либо стеклообразующих компонентов. В общем виде состав каназита можно выразить следующей формулой:

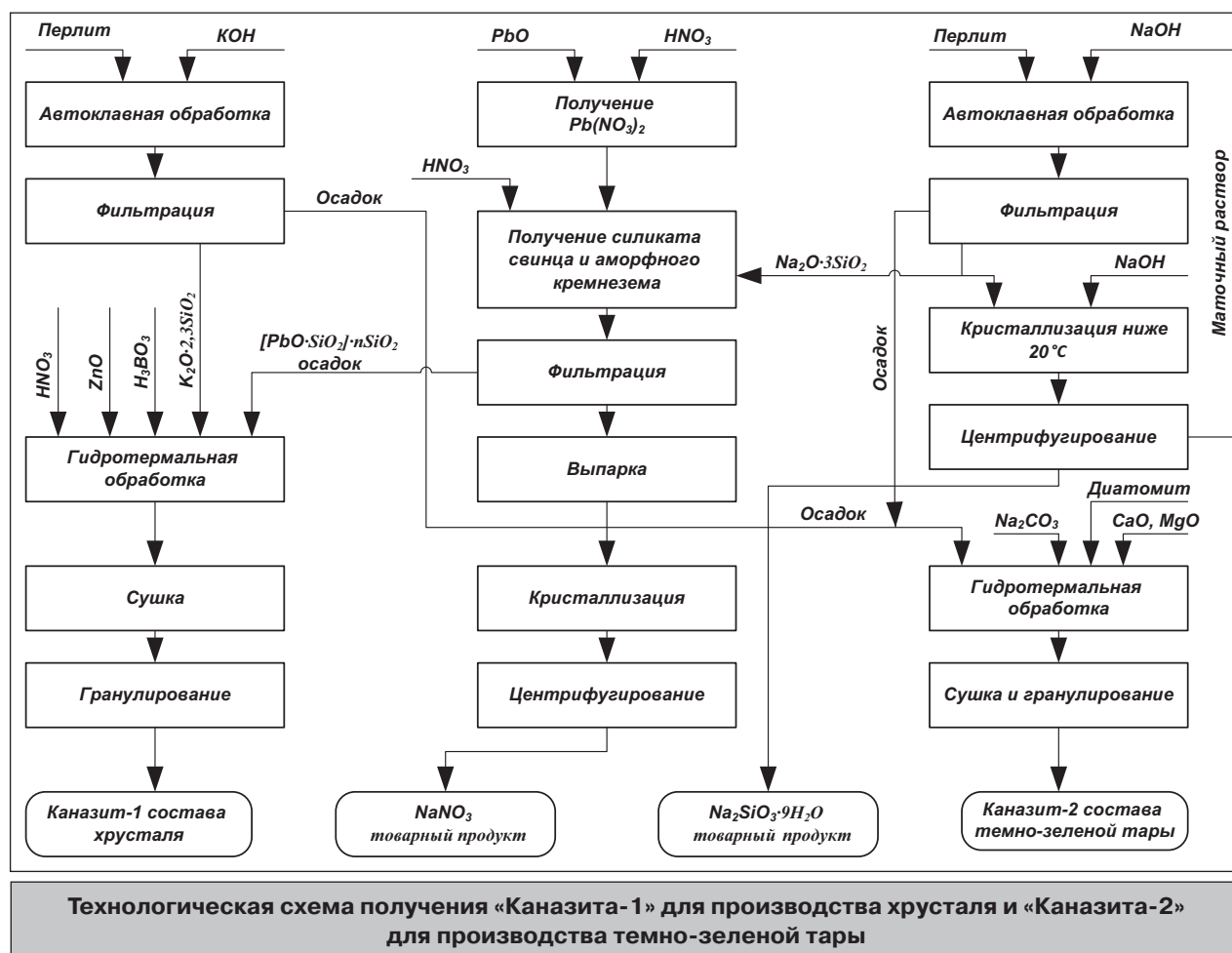


где  $x, y, z, n, m$  — числовые коэффициенты при оксидах.

Создание каназита преследовало цель внесения коренного изменения в существующий способ приготовления стекольной шихты с переходом от сухого смешивания твердых компонентов к перемешиванию их растворов или суспензий.

Предполагалось, что гидротермально-химический способ приготовления стекольной шихты должен способствовать ускоренному взаимодействию ее компонентов, образованию силикатов, поскольку стеклообразующие компоненты взаимодействуют в виде растворов.

Каназит, синтезированный на основе чистых оксидов и применяемый для производства бесцветных стекол, получил название «Каназит-1»,



а каназит, полученный непосредственно из горных пород, содержащих в большом количестве красящие примеси, был назван «Каназит-2». Технологическая схема получения «Каназита-1» и «Каназита-2» представлена на рисунке.

Были разработаны и испытаны в опытно-промышленных условиях схемы технологического процесса обработки перлитов для промышленного получения на их основе силикатных продуктов, представляющих интерес для многих отраслей народного хозяйства.

Сравнительные лабораторные и полупромышленные варки на МОСЗ ГИС стекол из обычной шихты и каназита, проведенные при одинаковых условиях, а также опытно-промышленные варки хрусталя из каназита в горшковых печах Гусевского хрустального завода и Ленинградского завода художественного стекла показали, что проваренное стекло из каназита можно получить при температуре на 250–300°C ниже, чем хрусталь из обычной шихты. Выработка и отжиг изделий из каназита не требуют изменений технологического регламента [6].

По разработанной технологии получены 25 новых силикатных продуктов, в т. ч. 10

различных составов каназита, натриевое и калиевое жидкие стекла, 9-водный метасиликат натрия, метасиликаты кальция и магния, 4 типа цеолитов, аморфный кремнезем, карбосиликат кальция – наполнитель для производства бумаги, стекловолокно, супертонкая стекловата, фильтрующие порошки, глинозем, натриевая селитра, декоративно-облицовочные строительные материалы и др. [11]. В промышленном масштабе были получены каназиты составов листового стекла, сортовой посуды и хрусталя, тарного, светотехнического, увиолевого и др. [6]. Аналогов данной технологии за рубежом нет.

Важно отметить, что производство по комплексной переработке аморфных горных пород экологически безопасно, имеет замкнутый цикл, безотходно. Весь осадок, образующийся после получения каназита, полностью используется в производстве других материалов, необходимых для народного хозяйства.

В связи с тем, что в процессе синтеза каназита все вредные соединения находятся в связанном виде, загрязнение атмосферы практически сведено к нулю, и ожидаемые выбросы

**Показатели экономической эффективности проекта**

Показатель	Значение
Ставка дисконтирования, %	12
Период окупаемости, мес.	44
Дисконтированный период окупаемости, мес.	48
Чистый приведенный доход, тыс. руб.	563501
Индекс прибыльности, ед.	3,28
Внутренняя норма рентабельности, %	61,24
Поступления от продаж в ходе проекта (с учетом инфляции), млрд. руб.	8,6
Объем продукции, тыс. т в год	
«Каназит-1»	136
«Каназит-2»	372,3
натриевая селитра	51
9-водный метасиликат натрия	133
Общая численность работающих, чел.	383
Общая стоимость инвестиционных затрат с учетом инфляции, млн.руб.	272,2

не превышают допустимых концентраций в производственных и жилых зонах.

Калужским филиалом Всероссийского института экономики минерального сырья и недро-

пользования было подготовлено инвестиционное предложение по внедрению технологической линии производства стекольной шихты из местного недефицитного сырья — аморфных горных пород. Показатели эффективности данного проекта представлены в таблице.

По предварительным результатам экономических расчетов организации возможного производства силикатных продуктов из местного недефицитного сырья можно заключить, что объект относится к группе умереннорискованных. Снижение рисков и повышение эффективности проекта связаны со снижением издержек, уменьшением периода организации работ и производства, внедрением гибкой системы ценовой политики, занятием не только местного, но и межрегионального рынков сбыта товарной продукции. Преимущества рассматриваемого объекта заключаются в развитой инфраструктуре, емкости и близости рынков сбыта товарной продукции, уникальности товарной продукции.

Таким образом, оценка экономической и социально-экономической эффективности подтверждает инвестиционную привлекательность данного проекта, а также необходимость проведения первоочередных мероприятий по его реализации.

**Литература**

1. Аппен А. А. Химия стекла. — Л.: Химия, 1970. — 352 с.
2. Haber R., Oxpard R. T. Crystalline Silica – Warnings Pose Threat to Ceramic Industry // American Ceramic Society Bulletin. — 1999. — № 2. — P. 26.
3. Tammann G., Der Glasszustand, Vosz L. Niosh Pocket Guide to Chemical Hazards. U. S. Department of Health and Human Services. Public Health Services. Centers for Disease Control. National Institute for Occupational Safety and Health. June 1990.
4. Прянишников В. П. Система кремнезема. — Л.: Стройиздат, 1971. — 224 с.
5. Сахаров В. В. Кремний диоксид // Химическая энциклопедия. — М.: Советская Энциклопедия, 1990. — Т. 2. — С. 517–518.
6. Мелконян Р. Г. Аморфные горные породы и стекловарение. — М.:НИА Природа, 2002. — 266 с.
7. Крупа А. А., Наседкин В. В., Свидерский В. А. и др. Комплексная переработка и использование перлитов. — Киев: Будивельник, 1988. — 115 с.
8. Шапилова М. В., Тимофеева И. Т. Охрана атмосферного воздуха в стекольной промышленности. — М.: Легпромбытиздат, 1992. — 174 с.
9. Назаров В. И., Мелконян Р. Г., Калыгин В. Г. Техника уплотнения стекольных шихт. — М.: Легпромбытиздат, 1985. — 128 с.
10. Кремнистые породы СССР / Под ред. Дистанова У. Г. — Казань: Татарское книжное издательство, 1976. — 412 с.
11. Мелконян Г. С. Гидротермальный способ приготовления комплексного стекольного сырья на основе горных пород и продуктов их переработки. — Ереван: Айастан, 1977. — 240 с.

R. G. Melkonyan

**Hydrothermal Method for Glass Batch «Kanazite» Production**

*A way for glass production without liquid phase on the basis of kanazite, obtained with amorphous rock hydrothermal processing was scientifically based and developed. It was established, that kanazite is a complex glass feedstock, which is like cemented aggregates of silicate compounds. This aggregates are directly can be used for glass melting without adding glass-forming components and clearing agents. Due to amorphous phase composition and finely dispersed components state, kanazite has a high reaction capacity, which determines glass melting processes intensive behavior and enables to decrease melting temperature for several hundreds degrees.*

**Keywords:** amorphous rock, glass production, silicon dioxide, hydrothermal glass batch synthesis, kanazite.

## Простая технология для модернизации НПЗ с углублением переработки нефти

А. К. Курочкин  
ООО «НПЦ «Термакат», г. Уфа

*Разработана простая, доступная и надежная технология глубокой переработки тяжелых нефтяных остатков для модернизации существующих нефтеперерабатывающих предприятий в минимальные сроки с увеличением выработки светлых фракций на 15–30%.*

**Ключевые слова:** *глубина переработки нефти, термические процессы, висбрекинг, битум, пек, модернизация НПЗ.*

Важнейшей задачей развития российской нефтепереработки является повышение глубины переработки нефти (ГПН) до 85–90%. Однако в настоящее время ГПН в России составляет лишь 70%. Очевидно, что необходимо углублять переработку нефти, причем для некоторых НПЗ сразу на 20–30%. На реализацию этой программы необходимо колоссальное финансирование.

На фоне такой финансовой нагрузки необходимо учитывать, что качество добываемых нефтей ухудшается, а доля тяжелых высокосернистых нефтей возрастает. Одним из важнейших показателей качества указанных нефтей является содержание в них смол и асфальтенов, поскольку при их высоком содержании достижение ГПН даже на уровне 70–80% весьма проблематично. В этом случае наиболее рентабельными процессами, очевидно, будут замедленное коксование, гидрокрекинг и газификация.

Стратегические цели модернизации отечественной нефтепереработки понятны: необходимо производить топлива, отвечающие стандарту Евро-5 при минимальном выходе топочного мазута. Поэтому необходимо вводить в эксплуатацию деструктивные процессы, увеличив их мощность практически в 2 раза: с 72 до 136 млн. т в год. Возможна модернизация с использованием традиционных процессов, хотя это требует значительных капитальных затрат и времени. Поэтому необходимо найти наиболее эффективные технологические решения для модернизации каждого НПЗ.

При поиске новых адаптируемых или интегрируемых технологических решений в привязке к действующим установкам по переработке тяжелых нефтяных остатков необходимо, в первую очередь, учитывать следующие характеристики данных остатков: соотношение и свойства дисперсионной среды и дисперсной фазы, повышенное содержание смол и асфальтенов, а также высокие показатели коксуемости. Эти

характеристики косвенно указывают на то, что классические деструктивные процессы — термический крекинг и коксование — будут иметь ограниченный предел возможного максимального отбора светлых дистиллятных фракций, т. е. углубления переработки нефти.

В табл. 1 рассмотрены основные свойства сырья, предопределяющие выбор тех или иных технологических процессов его переработки.

Для модернизации существующих НПЗ с малым сроком окупаемости необходимы рациональные интегрированные аппаратурно-технологические решения. Ниже рассмотрены возможные решения для модернизации российских НПЗ.

Основным конверсионным процессом в США является замедленное коксование гудронов, которое обеспечивает выход дистиллятных фракций в количестве 60–80% от сырья. В Канаде и Венесуэле уже более 20 лет процесс замедленного коксования используется как базовый для промышленной переработки тяжелых нефтей. Однако применительно к высокосернистым нефтям процесс коксования становится экологически неприемлемым. Основным недостатком этого процесса — это высокий (до 40%) выход неостребованного высокосернистого кокса. Технология обессеривания кокса весьма дорогостоящая и, вследствие этого, высокосернистый кокс является неликвидным продуктом. Очистка дымовых газов сжигания кокса является также затратным процессом. Кроме того, стоимость установки коксования в 3 раза выше, чем висбрекинга. По вышеназванным причинам применение процесса коксования для предприятия, перерабатывающего высокосернистую нефть, нерационально.

Процессы гидрокрекинга и газификации, как одни из самых дорогостоящих, в ближайшие 3–5 лет будут недоступны для отечественных НПЗ.



Табл. 1. Влияние свойств нефти на выбор процесса ее переработки

Показатели	Рекомендуемые процессы при значениях		
	малое	среднее	высокое
Свойства нефти			
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	0,83 Атмосферная перегонка	0,86 Деструктивные по необходимости	>0,9 Вторичные процессы для переработки остатка
Содержание серы, % мас.	<1 Гидроочистка бензина и дизельного топлива	1–2 Сероочистка газов, гидроочистка дистиллятов, производство серы	>2 Многоступенчатая гидроочистка всех потоков, производство серы
Содержание асфальтенов, % мас.	<2 Не оказывает влияния на переработку нефти	2–4 Оказывает влияние на процессы по переработке остатков	>6 Деструктивные процессы, висбрекинг, термический крекинг, гидрокрекинг
Выход фракций н.к.–300°С, % мас.	>60 Обычная перегонка	30–50 Необходимы процессы по увеличению выхода светлых	<30 Деструктивные процессы
Выход остатка >360°С, % мас.	<30 Поиск области применения остатка	50–70 Висбрекинг, производство битумов	>70 Висбрекинг, термополиконденсация остатков
Плотность вакуумного остатка, кг/м <sup>3</sup>	<0,89 Висбрекинг	0,90–0,93 Висбрекинг	>1 Легкий висбрекинг, переработка остатка висбрекинга на установке гидрокрекинга

В настоящее время многие фирмы ведут усиленный поиск эффективных технологий глубокой переработки тяжелых остатков с малой капиталоемкостью. Прежде всего, рассматривается задача получения качественного остаточного продукта, который может найти применение. К таким продуктам относят высокоплавкий пек, битумы, остаточные тяжелые энергетические топлива — «жидкий кокс». Выход остаточного продукта должен быть минимальным, в этом случае рентабельной будет его переработка в процессах коксования, гидрокрекинга и газификации.

При выборе деструктивного процесса в качестве базового критерия его оценки рассматривается возможность получения востребованного и качественного остаточного продукта. Таким продуктом для России, несомненно, является высококачественный дорожный битум. Технология производства битума требуемого качества должна одновременно обеспечить и максимально возможную конверсию сырья в среднестиллятные фракции.

Среди доступных технологических процессов, которые могут использоваться для углубленной переработки тяжелых остатков с получением битумов, необходимо рассмотреть вакуумную перегонку мазута, деасфальтизацию и висбрекинг.

Общеизвестно, что до 90% гудронов, получаемых вакуумной перегонкой мазута, не

соответствуют по качественным показателям товарным битумам, поэтому гудроны используют в качестве сырья для получения битумов окислением. В некоторых случаях перед окислением гудроны необходимо дополнительно подвергнуть висбрекингу, в первую очередь для снижения содержания трудноокисляемых парафиновых углеводородов в битумном сырье. Получаемые при вакуумной перегонке мазута высоковязкие газойли являются полупродуктом и подвергаются дальнейшей каталитической переработке. Основное количество гудронов появляется на рынке под торговой маркой «мазут» – котельное топливо М-100. Очевидно, что вакуумная перегонка уже не может удовлетворить современных требований к углублению переработки нефти и получению качественных битумов.

**Деасфальтизация гудрона.** Пропановую деасфальтизацию чаще всего применяют для производства остаточных масел. Кроме того, деасфальтизацию гудронов бензином используют как процесс получения сырья для производства битумов. Выделяемая асфальтовая фаза не всегда соответствует требованиям к качеству товарных битумов, поэтому полученный асфальт необходимо либо дополнительно окислять, либо разбавлять масляной фазой. Плотность, вязкость и температура застывания деасфальтизата выше, чем у вакуумного дистиллята, деасфальтизат также требует дальнейшей

квалифицированной каталитической переработки. Более того, высоковязкие деасфальтизаты создают проблемы при их перекачке. Самый большой недостаток процесса деасфальтизации — его высокая энергоёмкость, вследствие чего и капитальные затраты более чем в два раза выше, чем для процесса вакуумной перегонки. Основное количество асфальта необходимо перерабатывать с использованием деструктивных процессов: замедленного коксования, газификации. Поскольку процесс деасфальтизации не удовлетворяет требованиям одновременного углубления переработки нефти и производства качественных дорожных битумов, он не рекомендуется в качестве эффективного процесса для увеличения ГПН.

**Висбрекинг мазута.** Ранее висбрекинг использовали для снижения вязкости гудронов, однако в настоящее время это основной процесс для углубления переработки нефти. Все ведущие мировые фирмы (Shell, UOP, Foster Whiller, KBR, Chioda и др.) за последние годы разработали несколько оригинальных решений. Основные достоинства новых термических процессов включают их простоту, надежность и малую стоимость в сочетании с глубокой конверсией тяжелых нефтяных остатков с увеличением выхода среднестиллятных фракций на 40–60%. В процессах висбрекинга фирм Shell и Chioda отмечена возможность производства дорожных битумов и энергетических топлив — «жидких коксов». Следует обратить внимание, что в процессах фирм Shell и Chioda тяжелые атмосферные и вакуумные газойли отправляют в

печи жесткого крекинга, в результате чего выход фракций с температурой начала кипения выше 370°C исключается, т. е. продуктами являются бензиновые, дизельные фракции и очень тяжелый остаток без получения тяжелого газойля.

Среди отечественных разработок заслуживает внимания процесс «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ», обеспечивающий максимальную (до 88–93%) конверсию мазута в бензиновые и дизельные фракции. Принципиальная схема указанного процесса представлена на рис. 1.

В процессе «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ» осуществляется управление параллельно протекающими процессами термодеструкции и термополиконденсации, причем стадия деструкции осуществляется в пролонгированном режиме, а термополиконденсации — в отложенном, что позволяет получать в максимальном количестве бензиновые и дизельные дистилляты, при этом выход остатка минимален, его квалификация — высококачественные дорожные битумы требуемого качества.

В зависимости от содержания асфальтенов в нефти, выход битумного остатка может колебаться от 3 до 30% мас. При отсутствии потребности в битумах может выпускаться котельное топливо, а также сырье для процессов коксования или гидрокрекинга. Влияние степени превращения сырья на параметры процесса показано на рис. 2.

Энергозатраты в данном процессе сравнимы с вакуумной перегонкой мазута. Висбрекинг мазута протекает мягче и глубже, чем висбрекинг гудрона, что делает процесс более надежным в

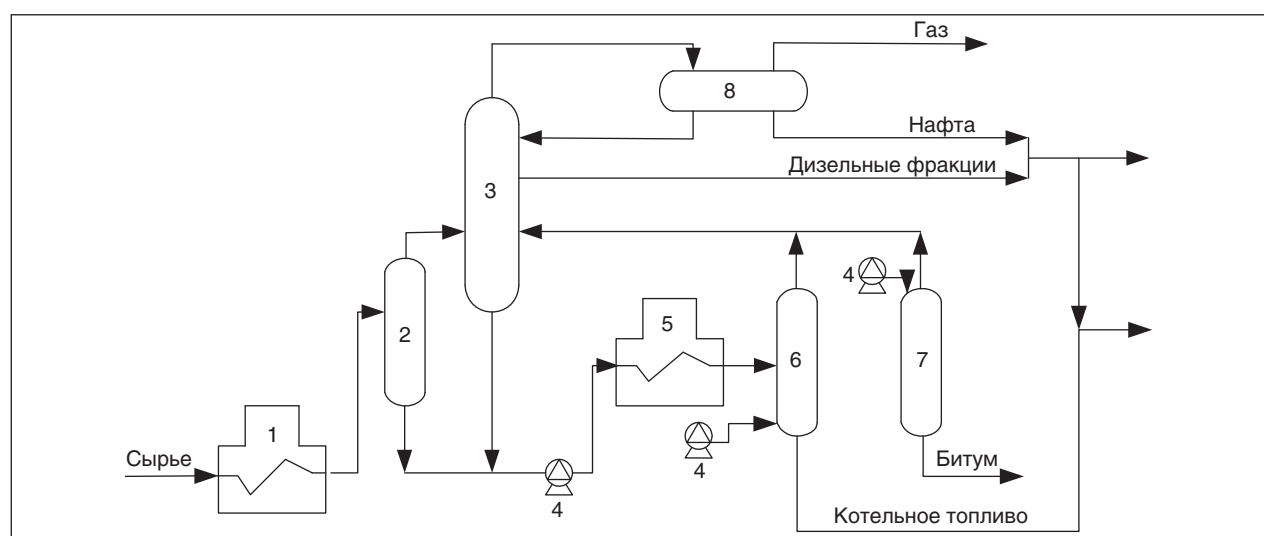


Рис. 1. Принципиальная схема процесса «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ»: 1 — печь висбрекинга; 2 — реактор-сепаратор; 3 — атмосферная ректификационная колонна; 4 — кавитационно-акустические насосы; 5 — реакционная печь; 6 — реактор термолиза; 7 — реактор термополиконденсации; 8 — сепаратор

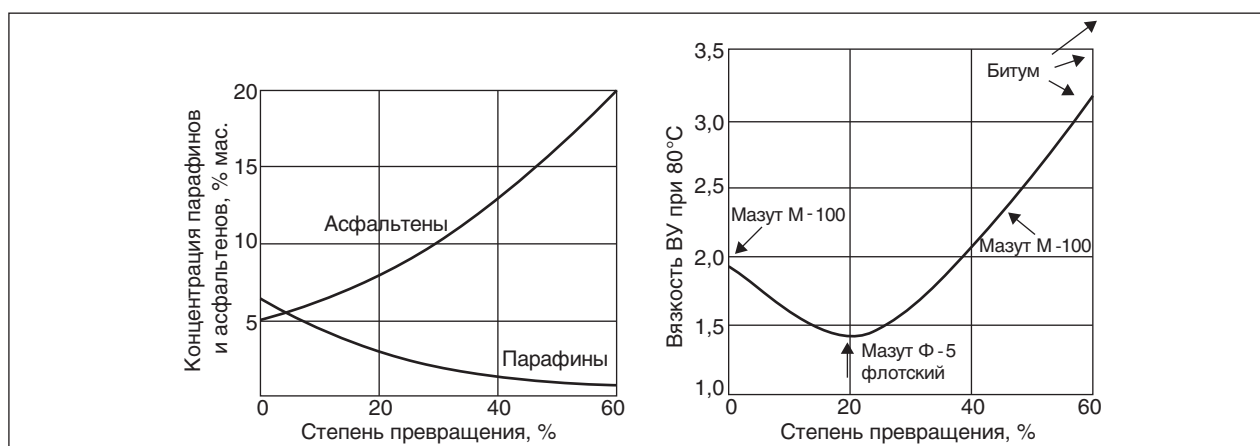


Рис. 2. Влияние степени превращения сырья на параметры процесса «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ» и вязкость получаемого мазута

эксплуатации – исключается возможное карбенообразование, которое приводит к закоксовыванию оборудования.

Можно сказать, что один из малозатратных вариантов модернизации НПЗ – это интегрирование процесса «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ» с атмосферной или вакуумной перегонкой нефти. Введение двух аппаратов процесса «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ» в схему атмосферно-вакуумной установки на НПЗ г. Ясло (Польша) в 2005 г. позволило дополнительно получить 14% светлых фракций, а срок окупаемости затрат оказался менее 2-х месяцев.

Из приведенного сравнения различных технологических процессов для модернизации действующих НПЗ с целью увеличения ГПН видно, что преимущество имеет технологическая схема на базе технологии «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ». Сопоставление традиционного висбрекинга и процесса «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ» представлено в табл. 2.

Основными преимуществами рассматриваемого процесса являются простота аппаратного оформления, минимальные затраты на изготовление оборудования и строительство установки, высокая универсальность, что позволяет получать различные остатки: от вторичных мазутов с температурами застывания не выше 10–20°C, до пеков и «жидких коксов» с

температурами размягчения по КиШ в пределах 240–260°C.

Важно отметить, что качественный и количественный состав конечных продуктов процесса «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ», как и любого термического процесса, прежде всего зависит от структурно-группового состава исходного сырья. Осуществление процесса с учетом химических и физико-химических закономерностей термических превращений углеводородов, правильный выбор температуры, давления, времени пребывания сырья в реакционной зоне, изменение агрегатного состояния реакционной массы за счет рециркулирующих потоков, позволяет получать дистиллятные и остаточные продукты требуемого качества и ассортимента. Для интенсификации желательных направлений процесса термоллиза, прежде всего, реакций деструкции парафиновых углеводородов и агрегатных комплексов смолисто-асфальтеновых соединений, используются кавитационные эффекты. Кавитационно-акустическое воздействие, генерируемое гидродинамическими излучателями (кавитационно-акустическими насосами) позволяет подводить к реакционной массе высокопотенциальную энергию. Кроме того, такое физическое воздействие вносит ощутимые изменения в гидродинамику и агрегативную устойчивость жидкой среды, по-разному

Табл. 2. Сравнение показателей традиционного висбрекинга и технологии «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ»

Показатель	Традиционный висбрекинг	Висбрекинг-ТЕРМАКАТ
Назначение	Снижение вязкости гудрона	Получение светлых топлив в количестве до 80% на мазут
Продукты	Газ, бензин – до 8% мас. мазут М-100	Газ, бензин, дизельное топливо, неокисленный битум
Экономическая эффективность	–	Рентабельность выше на 40–60%

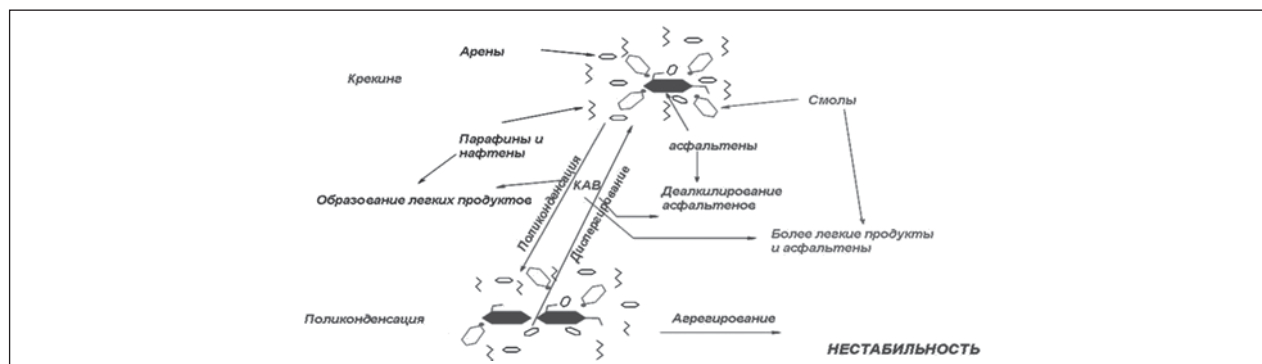


Рис. 3. Схема термолиза остатков в процессе «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ»

влияя на процессы, протекающие в реакционной среде. Заметно интенсифицируются одни процессы (деструкция) и резко замедляются другие (карбено- и коксообразование). На рис. 3 показан механизм термолиза остатков в процессе «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ».

Поток энергии, передаваемой реакционной среде за счет кинетической энергии движения стенок схлопывающихся кавитационных пузырьков, весьма велик, что позволяет в рассматриваемом варианте висбрекинга снизить температуру проведения процесса на 40–60°C. Агрегативная устойчивость реакционной среды сохраняется даже при повышенной концентрации асфальтенов, поэтому процесс может протекать не минуты, а десятки минут. В результате достигается большая глубина превращения тяжелых углеводородов сырья в светлые среднестиллятные фракции и малый выход остаточного продукта – концентрированного коллоидного раствора смол и асфальтенов, — идеальной основы для производства битумов и пеков.

Углубление процесса приводит к увеличению концентрации асфальтенов с получением

битумов и пеков без использования окисления. Свойства полученных остаточных неокисленных битумов могут регулироваться в широком диапазоне значений, что гарантирует выпуск товарных битумов требуемого качества (табл. 3). Получаемые бензиновые и дизельные фракции направляются на облагораживание по классическим схемам.

В настоящее время, приступая к проектированию НПЗ, в условиях жестких требований к промышленным объектам повышенной опасности, необходимо выбирать самые современные безопасные максимально автоматизированные технологические решения, ориентированные на выпуск высококачественной продукции в соответствии с ужесточающимися экологическими требованиями.

Определяющим фактором при выборе технических решений является объем предполагаемых капитальных затрат. Понятно, что для новых НПЗ требуются современные аппаратно-технологические решения, требующие минимального объема инвестиций. При этом ГПН должна быть обеспечена на уровне не

Табл. 3. Показатели качества неокисленных дорожных битумов процесса «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ»

Показатели качества	Значение
Пенетрация, (0,1 мм), не менее при температуре, °C:	
25	40–200
0	12–40
Температура, °C	
размягчения по КиШ, не ниже	45
хрупкости, не выше	–6
вспышки, не ниже	220
Дуктильность при 25°C, см, не менее	>100
Изменение температуры размягчения после прогрева, °C, не более	5
Сцепление, по образцу №:	
с песком/с гранитом	1/1–2
после прогрева с песком/с гранитом	1/2–3

ниже 90%. Такие решения были реализованы в проекте Кондинского НПЗ (ХМАО), который спроектирован и построен как пилотный проект завода с новой конфигурацией технологической схемы для достижения максимальной ГПН. При мощности предприятия, равной 80 тыс. т/год, в едином технологическом блоке интегрированы установки ЭЛОУ, атмосферной ректификации и «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ» с секцией термополиконденсации. Такая схема обеспечила получение бензиновой, двух дизельных фракций и неокисленных дорожных битумов. Пробные пуски первой очереди предприятия (без блока обогащения продуктов) показали, что возможно достижение ГПН, равной 87% по остаточному вторичному мазуту. После ввода второй

очереди завода ожидается повышение ГПН до 93% и выше.

Аппаратурно-технологическое оформление процесса «Висбрекинг-ТЕРМАКАТ» простое, надежное и доступное, установка может быть легко интегрирована с действующими производствами НПЗ с целью достижения максимальной глубины переработки нефтяных остатков путем конверсии последних в бензиновые и дизельные дистилляты. Применение рассматриваемой технологии для модернизации НПЗ не потребует длительного времени и больших капитальных затрат, а дополнительное количество произведенных светлых топлив, за счет высокой добавленной стоимости, позволит окупить капитальные затраты менее чем через 0,5–1 года.

A. K. Kurochkin

### A Simple Technology for Refinery Upgrading with Refining Depth Increase

*A simple, available and reliable technology for heavy oil residues deep processing to upgrade existent refineries in minimum terms with light fractions production increase up to 15–30% was developed.*

**Keywords:** refining depth, thermal processes, visbreaking, bitumen, petroleum pitch, refinery upgrading.

---

## Вниманию специалистов!

И. М. Колесников

### КАТАЛИЗ И ПРОИЗВОДСТВО КАТАЛИЗАТОРОВ

В книге изложены теория и практика изучения, подбора и производства катализаторов. Приведены методы и технологии синтеза катализаторов на лабораторном и промышленном уровне. Представлены основы теорий гомогенного и гетерогенного катализа. Значительное внимание уделено проблемам подбора и оптимизации состава катализаторов. Подробно излагаются ранние теории катализа и синтеза катализаторов.

Специальный раздел посвящен физико-химическим свойствам катализаторов, способам производства носителей, катализаторов и контролю их качества, управления производством на катализаторных фабриках.

В книге представлены технологические схемы производства наиболее распространенных в промышленности носителей и катализаторов.

Книга адресована широкому кругу инженерно-технических работников промышленных предприятий, научно-исследовательских и проектных организаций.

**М.: Издательство «Техника», 2004. — 450 с.**

Т. В. Бухаркина, С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, Б. П. Туманян

### ХИМИЯ ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ И УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрены основные физико-химические свойства природных углеродсодержащих энергоносителей — углей, нефтей, углеводородных газов. Особое внимание отводится природным и синтетическим формам свободного углерода. Приводятся механизмы химических превращений углеводородов в технологиях их переработки.

**М.: Издательство «Техника», 2009. — 204 с.**

## Обследование оборудования газотранспортных систем\*

Э. А. Микаэлян, А. В. Коротков  
РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина,  
ООО «Газпромтрансгаз Москва»

*Рассматриваются особенности методов определения технического состояния оборудования при анализе режимов работы и проведении испытаний; приводится методика определения характеристик и технического состояния газоперекачивающих агрегатов на компрессорных станциях на основе анализа режимов работы оборудования без проведения специальных испытаний. Приведены соответствующие примеры.*

**Ключевые слова:** обследование газотурбинных газоперекачивающих агрегатов (ГГПА), анализ режимов работы ГГПА, методы определения технического состояния ГГПА, определение технического состояния ГГПА на основе анализа режимов работы ГГПА, эксплуатационно-энергетические показатели ГГПА на КС газопроводов.

В опубликованной в предыдущем номере статье описываются методы обследования трубопроводов. Далее рассмотрим обследование газотурбинных газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций. Газотурбинные газоперекачивающие агрегаты (ГГПА) компрессорных станций (КС) относят к системам сбора и транспорта газа, работающим в условиях периодических колебаний производительности вследствие сезонных изменений газопотребления и изменения температуры окружающего воздуха и характеризуются коэффициентом загрузки  $K_\beta$ , который зависит от внешних факторов. ГГПА КС зависят от характеристики периодических колебаний производительности газопровода, которая представляет собой среднее значение относительной амплитуды периодических колебаний газопроводов за рассматриваемый период  $\beta$ . Значение коэффициента  $K_\beta$  имеет следующий вид [1]:

$$K_\beta = K_{\text{пер}} (1 + 1,5\beta^2)/(1 + \beta)^3, \quad (1)$$

где  $K_{\text{пер}}$  — коэффициент перегрузки, по паспортным данным  $K_{\text{пер}} = 1,10\text{--}1,15$ . В условиях эксплуатации, в основном по причине наработок, не допускают перегрузки оборудования. В дальнейшем  $K_{\text{пер}}$  принимается равным 1.

На величину коэффициента загрузки газотурбинного ГПА, как и на газопровод, оказывают влияние внешние и внутренние факторы. К внешним факторам относятся температура окружающего воздуха и характер газопоступления и газопотребления, которые в значительной степени предопределяют периодические колебания производительности газопровода.

К числу внутренних факторов следует отнести состояние профилактических работ и выбор технологического режима эксплуатации, обеспечивающие работу ГПА в зоне оптимальных режимов и нагрузок. Сопоставление двух значений коэффициентов загрузки — теоретического  $K_\beta$ , учитываю-

\*Начало в № 1. — 2010.

щего в основном внешние факторы и фактического  $K$ , полученного на базе анализа режимов работы ГПА с помощью одного из известных способов определения мощности в эксплуатационных условиях, позволит судить об уровне выполнения профилактических ремонтных работ и техническом состоянии эксплуатируемого оборудования.

В связи с этим предлагается определять коэффициент технического состояния газотурбинных ГПА по загрузке на основе анализа режимов работы:

$$K_{\text{ГГПА}} = N_{em}/N_{eo} = K/K_\beta, \quad (2)$$

где  $N_{em}$  — среднее значение эффективной мощности ГГПА в условиях эксплуатации за контрольный период;  $N_{eo}$  — паспортное, номинальное значение эффективной мощности ГГПА.

На базе данных по изучению режимов работы ГПА на КС были проведены расчеты по предлагаемой системе коэффициентов для анализа режима работы оборудования и оценки его технического состояния, также определялись эксплуатационно-энергетические показатели. Результаты расчетов для трех газопроводов показаны в таблице.

Приведенные характеристики газопроводов:  $E$  — коэффициент загрузки газопроводов,  $E_\beta$  — коэффициент загрузки газопровода, зависящий от внешних факторов и определяемый в зависимости от характеристики  $\beta$ , а также  $K_{\text{труб}}$  — среднее значение коэффициента технического состояния газопровода — вычислялись на основе методики, описанной в работе [2]. Соотношения для расчета остальных показателей технического состояния ГПА КС приведены ниже.

$$d = N_e/(Q_k \cdot L); b = B/Q_k; \varepsilon = P_2/P_1, \quad (3)$$

где  $d$  — удельный расход энергии;  $N_e$  — суммарная эффективная мощность ГГПА КС газопровода, кВт;  $Q_k$  — коммерческая производительность

Показатели технического состояния ГПА КС газопроводов (средние значения за год)

Газопроводы	$\beta$	$K_{\beta}$	$K$	$K_{ГГПА}$	$E_{\beta}$	$E$	$K_{Труб}$	$B, \%$	$d$	$\epsilon$
Уренгой—Челябинск	0,006	0,98	0,70	0,71	0,95	0,83	0,87	0,35	80	1,33
СРТО—НижняяТура	0,060	0,85	0,47	0,55	0,98	0,27	0,28	0,46	115	1,42
Участок САЦ	0,750	0,56	0,56	1,00	—	—	—	0,27	10	1,18

газопровода, млн. м<sup>3</sup>/ч;  $L$  – длина газопровода, км;  $b = B/Q_k$  – относительная доля транспортируемого газа, используемого в качестве топлива;  $B$  – расход топливного газа;  $\epsilon = P_2/P_1$  – среднее значение соотношения давлений ( $P_2$  – конечное давление,  $P_1$  – начальное давление газа) в процессе сжатия по КС.

Данные таблицы свидетельствуют о невысоком техническом уровне эксплуатируемого оборудования КС газопровода СРТО—Нижняя Тура по сравнению с оборудованием газопровода Уренгой—Челябинск. Техническое состояние ГПА участка газопровода Средняя Азия—Центр (САЦ) было на высоком уровне, а низкое значение коэффициента загрузки агрегатов объяснялось значительными сезонными колебаниями производительности газопровода.

Анализ данных по удельному расходу энергии для трех газопроводов свидетельствует о том, что снижение данного показателя для газопровода Уренгой—Челябинск, и в большой степени для участка САЦ при высоком значении  $d$  для газопровода СРТО—Нижняя Тура свидетельствует о значительном снижении расхода газа через первые два газопровода, которое объясняется падением среднего значения степени сжатия. Тем не менее, при прочих равных условиях, наиболее выгодный режим работы ГГПА или групп работающих агрегатов на КС, соответствующий высокому значению КПД, будет определяться наименьшей величиной степени сжатия.

Располагая исходными и расчетными данными, определяющими режимы использования мощности КС газопровода, представляется возможным вычислить значения эксплуатационных

энергетических показателей трубопроводного транспорта. Значительная неравномерность удельных расходов энергии  $d$  наблюдается в особенности на различных участках газопровода СРТО—Нижняя Тура, предельные колебания этой величины составляют 40–120 кВтч/(млн м<sup>3</sup>·км) при среднем значении 115 кВтч/(млн м<sup>3</sup>·км); в то время как для газопровода Уренгой—Челябинск в этот же период данные колебания были значительно меньше: 70–110 кВтч/(млн м<sup>3</sup>·км) при среднем значении 80 кВтч/(млн м<sup>3</sup>·км). Причем для последнего газопровода предельные значения этих величин относились соответственно для летнего и зимнего периодов.

Из данных табл. 1 также можно сделать вывод о влиянии технического состояния оборудования на ухудшение эксплуатационных и энергетических показателей ГГПА и газопровода. Неудовлетворительное техническое состояние ГГПА приводит к снижению его производительности и в итоге к недопоставке определенного количества газа по газопроводу, либо вызывает перегрузку ГГПА при работе в режиме с запланированным объемом транспортируемого газа. Это обуславливает увеличение удельного расхода энергии на транспортировку газа.

Для технического обследования ГГПА предлагается изложенный метод [2] определения эффективности и технического состояния ГГПА КС газопроводов в условиях эксплуатации на основе анализа режимов работы ГГПА КС газопроводов без вывода ГГПА на специальный базовый режим. Описанный метод основан на данных штатных замеров и не требует привлечения дополнительных специалистов.

### Литература

1. Поршаков Б. П., Лопатин А. С., Назарина А. М. и др. Повышение эффективности эксплуатации энергопривода компрессорных станций — М.: Недра, 1992. — 208 с.
2. Микаэлян Э. А. Обследование оборудования газотранспортных систем // Теоретические и прикладные проблемы сервиса. — 2010. — №1. — С. 36–43.

E. A. Mikaelyan, A. V. Korotkov

### Survey of Gas Transportation Systems Equipment

*Features of different methods of equipment performance determination while conducting analysis of operating modes and testing are concerned. The method of characteristics and equipment performance determination of pipelines and gas compressor units located at gas compressor stations is provided. The method involved is based on equipment operating modes analysis without carrying out special tests. Relevant examples are demonstrated.*

**Keywords:** gas turbine gas compressor units survey; analysis of gas turbine gas compressor units operating modes; methods of gas turbine gas compressor units performance determination; determination of gas turbine gas compressor units performance, based on operating modes analysis; exploitation and energy datum of gas turbine gas compressor units at booster stations.

## К вопросу создания системы сопровождающей диагностики, обеспечивающей промышленную безопасность в условиях расширенных рамок между капитальными ремонтами\*

К. И. Куприянова, Б. П. Сергиев, Н. А. Лукьяненко  
ЗАО «ГИАП-ДИСТцентр», г. Москва

*Рассмотрены проблемы определения зон с повышенным уровнем напряжений для трубопроводов. Указаны приборы, позволяющие выполнять работы в рамках сопровождающей диагностики. Описаны принципы установления ранга оборудования по степени опасности на основе бальных оценок коррозии, данных по отказам, перепробегу, технологических параметров эксплуатации, свойств среды и других факторов.*

**Ключевые слова:** неразрушающий контроль, коррозия, сопровождающая диагностика, определение зон контроля, деградационные зоны, ранг оборудования по степени опасности.

В опубликованной в предыдущем номере статье на примере десорбера с большим значением наработки были описаны мероприятия по контролю в межремонтный период, необходимые для эксплуатации при увеличенном межремонтном интервале. Далее рассмотрим систему сопровождающей диагностики трубопроводов.

Технологические трубопроводы, работающие под давлением, также как и сосуды, подвержены действию дополнительных неучтенных факторов, снижающих их несущую способность. Трубопроводы и их элементы в значительно большей степени, чем сосуды, подвержены дополнительным местным нагрузкам, связанным с конструктивными особенностями, а также температурным нагрузкам, коррозионно-эрозионному износу, особенно на фоне гидродинамических процессов и т. д.

С увеличением размера установки повышаются расход потоков и размеры трубных элементов. Следует отметить, что температурная нагрузка и повышение давления способствуют созданию принципиально новых конструктивных решений трубопроводов, которые заслуживают большего внимания, чем это имело место до сегодняшнего момента. Отсутствие должного внимания отчасти является причиной растущего числа аварий.

Контроль состояния внутренней поверхности стенки трубопровода аналогичен этой процедуре для сосудов, работающих под давлением, но по конструктивным соображениям сталкивается со значительными трудностями. Поэтому определение зон с повышенным уровнем напряжений с целью получения максимальной информации

о состоянии трубопровода при минимальном нарушении его целостности следует проводить более тщательно, чем для сосудов.

Определение таких зон должно проводиться индивидуально для каждого трубопровода, что вызвано разнообразием в трассировке и формах трубопроводов, возможностью появления дополнительных сил в опорах, влиянием среды и т. п. Следовательно, при определении точек контроля требуется тщательный анализ.

В отличие от сосудов, зоны контроля трубопровода должны определяться из его расчета на прочность и, если это необходимо, на самокомпенсацию с учетом данных последней трассировки. Расчеты должны выполняться с помощью программных продуктов с обязательным представлением схемы трубопровода в изометрии, а также с возможностью внесения в схему точек контроля и комментариев. Согласно результатам расчета, за единицу принимается коэффициент, характеризующий участок с минимальным уровнем эквивалентных напряжений  $\sigma_r$ . Другие участки имеют поправочный коэффициент, равный отношению эквивалентных напряжений

$$\varphi_{zn} = \frac{\sigma_k}{\sigma_i}$$

Дальнейшая процедура определения зон контроля аналогична определению зон контроля для сосудов и аппаратов. Перечень приборов, позволяющих выполнять работы в рамках сопровождающей диагностики, приведен в таблице.

Хотя предлагаемый способ является экономически целесообразным по сравнению с посто-

\*Начало в № 1. – 2010.



**Необходимый перечень приборов, позволяющих выполнять работы  
в рамках сопровождающей диагностики**

Метод контроля	Тип приборов	Наименование	Изготовитель, поставщик
Ультразвуковая дефектоскопия	УЗД с фазированными решетками (ФР)	ЕРОСН-1000i	OLIMPUS NTD, Фирма «Панатест»
	УЗД с фазированными решетками (ФР)	RapidScan 3D	Sonatest Ltd. Великобритания, Фирма «Панатест»
	УЗД томограф с ФР	A1550 IntroVisor	ООО «Акустические кон- трольные системы»
	Дефектоскоп ультразвуковой	ПЕЛЕНГ -115	ООО «НПК «Луч»
	Система экспресс диагностики трубопроводов	WAVEMAKER G3	Guided Ultrasonics Ltd, Вели- кобритания, Фирма «ПЕРГАМ- ИНЖИНИРИНГ»
	Система очистки и диагности- ки змеевиков трубчатых печей	Фирма «МагиКрот»	ЗАО «ЦТК-ЕВРО»
Ультразвуковая толщинометрия	Толщиномер	37 DL Plus	OLIMPUS NTD
	Толщиномер	УТ-04 ЭМА (Дельта ЦОС)	ООО «ИнтроТест»
	Толщиномер-сканер	Z-Scan Lite	Фирма «ПЕРГАМ»
	Дефектоскоп-сканер	LSI	Фирма «Диапак»
Дюрометрия (измерение твердости)	Твердомеры динамические и ультразвуковые	Константа-5У МЕТ-У1, МЕТ-УД УЗИТ-3	ЗАО «Константа» Центр «МЕТ» Россия
Вихретоковый метод	Сканер контроля толщины Вихретоковый индикатор/ измеритель трещин	FALCON 2000 MARK II ЭМИТ/ЭМИТ-1М	Фирма «TesTex Inc.» ООО «Энергодиагностика»
Визуально-измерительный контроль	Видеоэндоскопы	ВД4-6-300 jProbe PX-2705 JProbe VD-6/8-150/300 VideoProbe XL Pro Plus	ПА «МЕГА» ПА «МЕГА» ПА «МЕГА» Фирма «ПЕРГАМ»
Тепловизионный контроль	Пирометры Тепловизоры	DT-8829, DT-8839 NEC TH9260	Фирма «С.Е.М.» Фирма «NEC»
Акустико-эмиссионный контроль	АЭ системы	A-Line 32D (PCI, DDM, DDM/R)  SAMOS, PocketAE-2, Радиоканал	ООО «Интерюнис»  Фирма «Диапак»
Метод магнитной памяти	Измерители концентрации напряжений	ИКН-3М-12 ИКН-5М-32	ООО «Энергодиагностика»
Магнитный контроль	Сканер-дефектоскоп магнитоанизотропный	Комплекс-2.05	ООО «Феррологика»
	Структуроскоп магнитный	КРМ-Ц-К	НПФ «Специальные Науч- ные разработки»
Металлографические исследования	Видеомикроскопы портативные	MicroViper Комплекс на базе микроскопа «Гиб-2М»	Фирма «ПЕРГАМ» Всероссийский теплотехни- ческий институт
Магнитопорошковый метод	Намагничивающее устройство на постоянных магнитах	МД-7К МАГУС-М МДПМ-1	ООО «НПК «Луч» Фирма «Энерговест» КГТУ им. Туполева
Определение состава сплавов	Портативный рентгеновский спектрометр	Tracer-III-V	Фирма «Bruker AXS»
	Портативный рентгенофлуоресцентный анализатор	S1 TURBO SD LE	Фирма «Bruker AXS»

янно действующими стационарными системами мониторинга, и технически осуществим в условиях действующего предприятия, в полной мере он реализуется лишь после проведения процедуры ранжирования оборудования, направленной на определение «слабого звена». Установление ранга оборудования по степени опасности является одним из направлений минимизации аварий и оптимизации объема необходимого контроля, определяющего безопасность технологического комплекса.

Ранжирование можно охарактеризовать как установление последовательности элементов совокупности по степени ответственности, или по каким-либо другим параметрам, например, по наносимому ущербу при отказе. Ранг технологических установок может устанавливаться, например, по ущербу, наносимому окружающей среде и человеку в случае аварийных ситуаций вследствие разгерметизации оборудования. Обычно аварийная разгерметизация на предприятиях нефтеперерабатывающего комплекса приводит к проливу, загазованности территории, промышленных зданий, а при наличии источников огня — к взрыву, пожару и т. д.

Величина степени опасности, которую необходимо установить, лежит в плоскости изучения надежности сложных технических систем и определяется либо с помощью дерева отказов, либо анализом рисков. В обоих случаях на промышленных площадках предметом исследований является отказ технологического оборудования.

Первый случай — это дедуктивный способ анализа, при помощи которого выстраиваются в логическую цепь и представляются в графической форме те условия и факторы, которые могут способствовать определенному нежелательному событию или состоянию системы.

Во втором случае проводят идентификацию опасностей и оценку риска, например, при эксплуатации технологического оборудования.

На наш взгляд, возможен и другой подход к процессу ранжирования оборудования по степени опасности — критериальная, т. е. бальная оценка технологии, коррозии и других факторов, которые определяют жизнедеятельность технического устройства. Бальная оценка строится на основе экспертной оценки той или иной ситуации, что позволяет выделить слабое звено.

Как в любой многофакторной задаче, оценка ситуации, приводящей к установлению слабого звена, должна включать оценку ряда факторов. Среди них важное место занимает оценка коррозионных процессов, выраженная, как упомина-

лось выше, в баллах. Важными составляющими, определяющими конечный результат, являются анализ и оценка отказов, перепробегов оборудования, а также изменений условий эксплуатации, технологических параметров, результатов расчетов и ряда других факторов. Величина набранных баллов определяет положение технических устройств в таблице ранжирования оборудования по степени опасности. Максимальная величина позволяет судить о том, что в рассматриваемой совокупности данный объект является слабым звеном и требует проведения соответствующих мероприятий по обеспечению его безопасной эксплуатации.

Целесообразно разделить всю шкалу суммарно набранных баллов на четыре уровня.

*Первый уровень* свидетельствует о возможности эксплуатации технического устройства при минимальном объеме сопровождающего контроля, основанном на визуальном периодическом осмотре.

*Второй уровень* говорит о возможности эксплуатации объекта с обязательным предшествующим анализом, необходимым для определения объема сопровождающего контроля.

*Третий уровень* предусматривает обязательную комплексную диагностику технического устройства перед переводом его на увеличенный межремонтный интервал с целью выбора средств, необходимого объема и периодичности контроля.

*Четвертый уровень* предусматривает анализ возможности эксплуатации технического устройства с разработкой мероприятий по его ремонту или замене.

Важно отметить, что в случае появления какого-либо отдельного фактора, свидетельствующего о необходимости вывода технического устройства из эксплуатации, он, несмотря на набранную сумму баллов, является определяющим.

Ранжированию должно предшествовать группирование по признаку наработки. Целесообразно разделить оборудование на две группы. К первой следует отнести оборудование, не выработавшее нормативный срок эксплуатации. Соответственно, во вторую группу выделяют оборудование с продленным сроком эксплуатации.

При таком подходе для оборудования первой группы ранг устанавливается согласно анализу коррозионной активности и данных по отказам, приведенным на рис. 1, 2. Рассматриваются три уровня набранных баллов.

На рис. 1–4 схематично представлен процесс установления оценочных коэффициентов

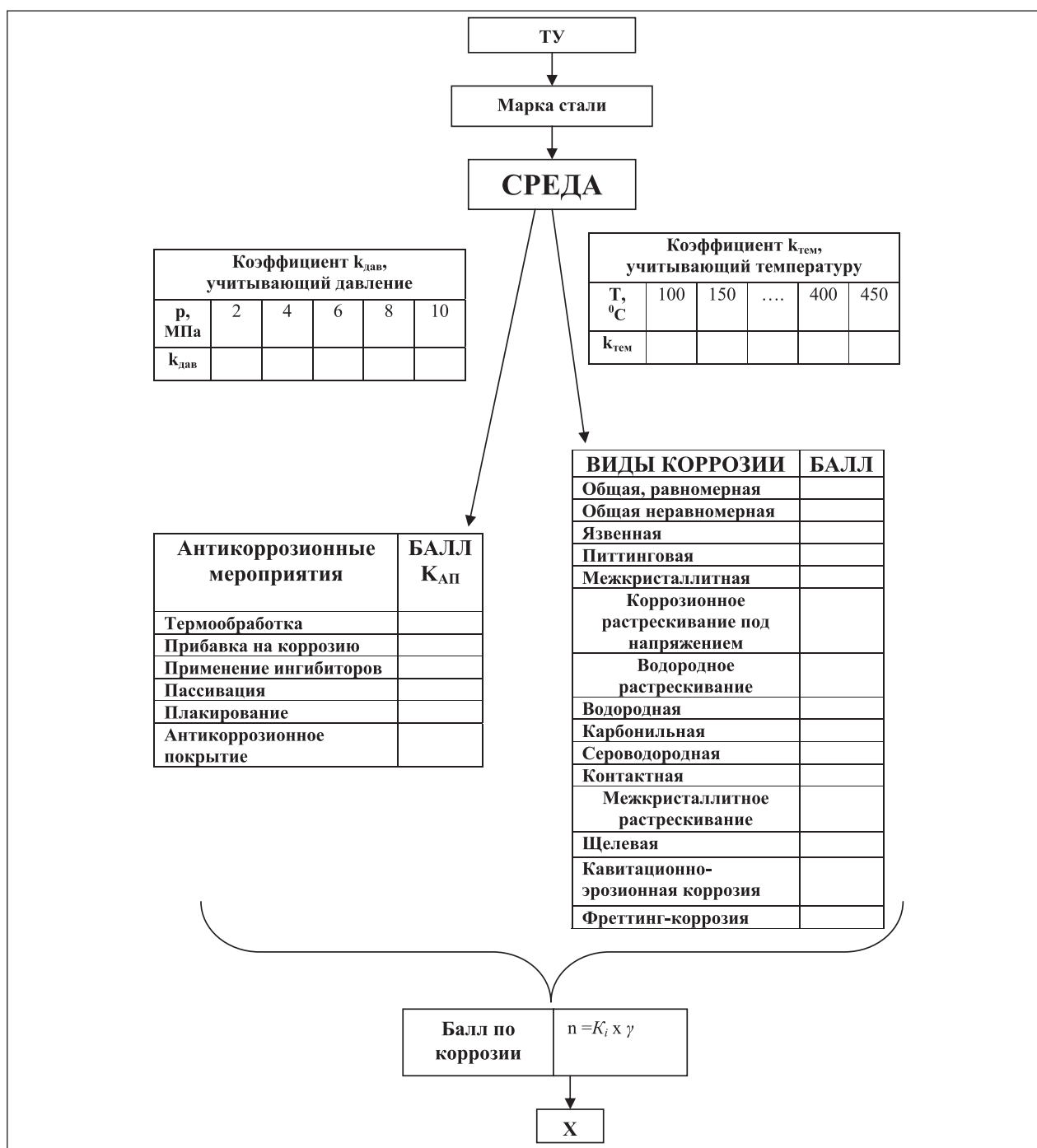


Рис. 1. Установление ранга согласно анализу коррозионной активности

и их предлагаемая величина, которая допускает корректировку.

Несколько подробнее остановимся на оценке коррозионных процессов, которые являются основными и постоянно действующими деградационными факторами. Если опираться на мировую статистику, то согласно монографии Р. Никольса «Конструирование и технология изготовления сосудов давления», 30% отка-

зов, приводящих к разрушению конструкции, обусловлены коррозионно-эрозионными процессами. Износ оборудования в какой-то мере определяется усталостью металла, на долю которой приходится до 25% отказов.

При оценке влияния коррозии следует различать следующие ее виды:

- химическую равномерную коррозию как нормальный поверхностный износ вследствие

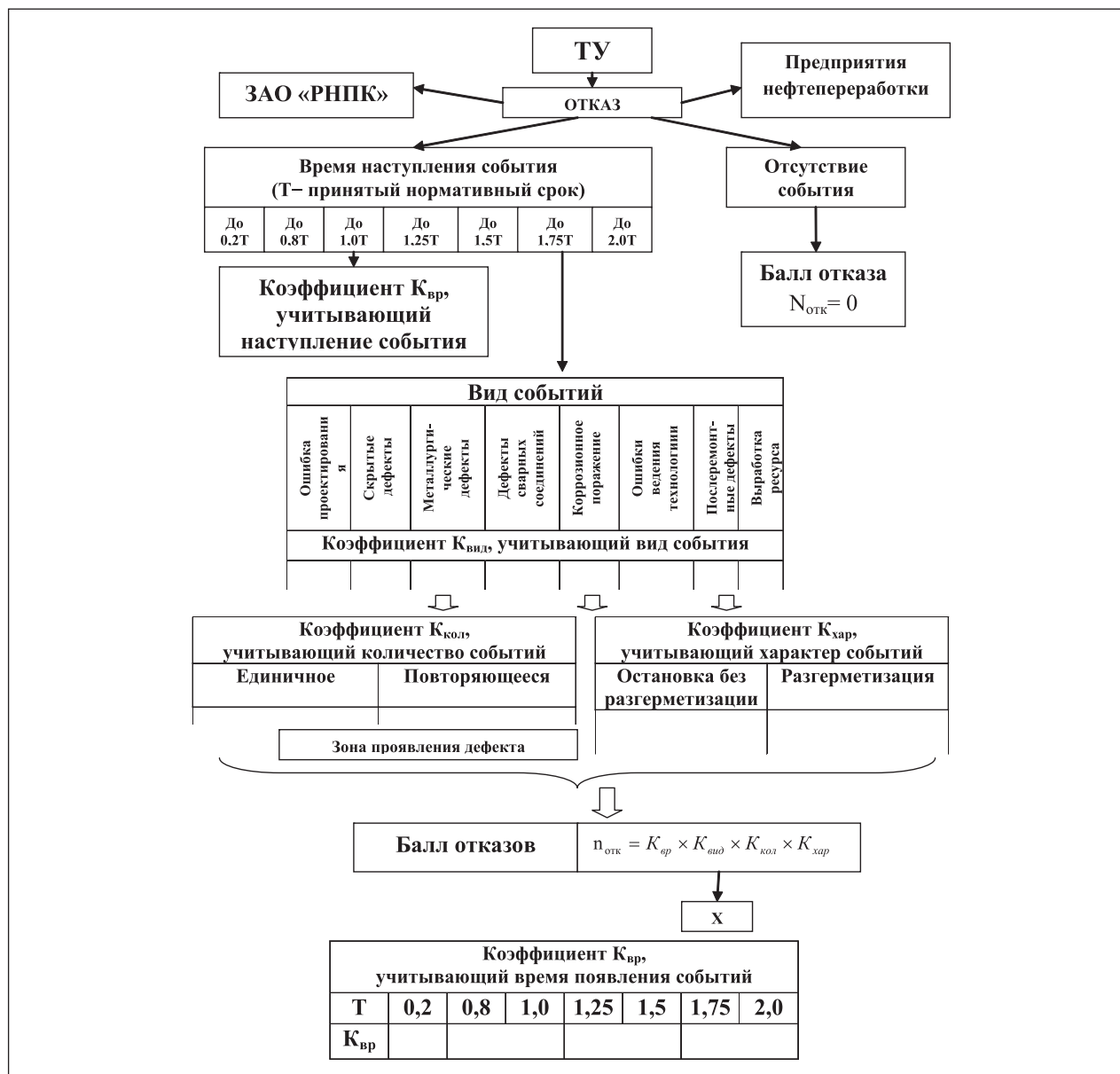


Рис. 2. Установление ранга согласно анализу данных по отказам

равномерного поверхностного разрушения материала. Для этого случая можно определять и учитывать скорость коррозии, что позволяет заранее рассчитать срок службы сосуда;

- химическую газовую высокотемпературную коррозию, вызывающую поверхностное расслоение материала стенки сосуда, а также связанную с изменением свойств материала. Сюда относится образование окалины, сфероидизация, обезуглероживание, наводороживание вследствие воздействия водорода, при этом происходит образование метана и преобразование карбида, азотирование вследствие воздействия азота и т. д.;

- межкристаллитную коррозию — структурная коррозия, локально развивающаяся по границам структурных составляющих;

- коррозионное растрескивание под напряжением: межкристаллитное или транскристаллитное;

- питтинговую (точечную) коррозию, локализирующуюся в основном на неметаллических включениях металла, вследствие воздействия хлоридов, и т. п.

Все перечисленные виды коррозии в той или иной форме реализуются на технологических установках нефтеперерабатывающего комплек-

\* Кабанов Б. С. Система технического обслуживания в обеспечении безопасной эксплуатации технических устройств в ООО «КИНЕФ» // Химическая техника. – 2007. — №6.

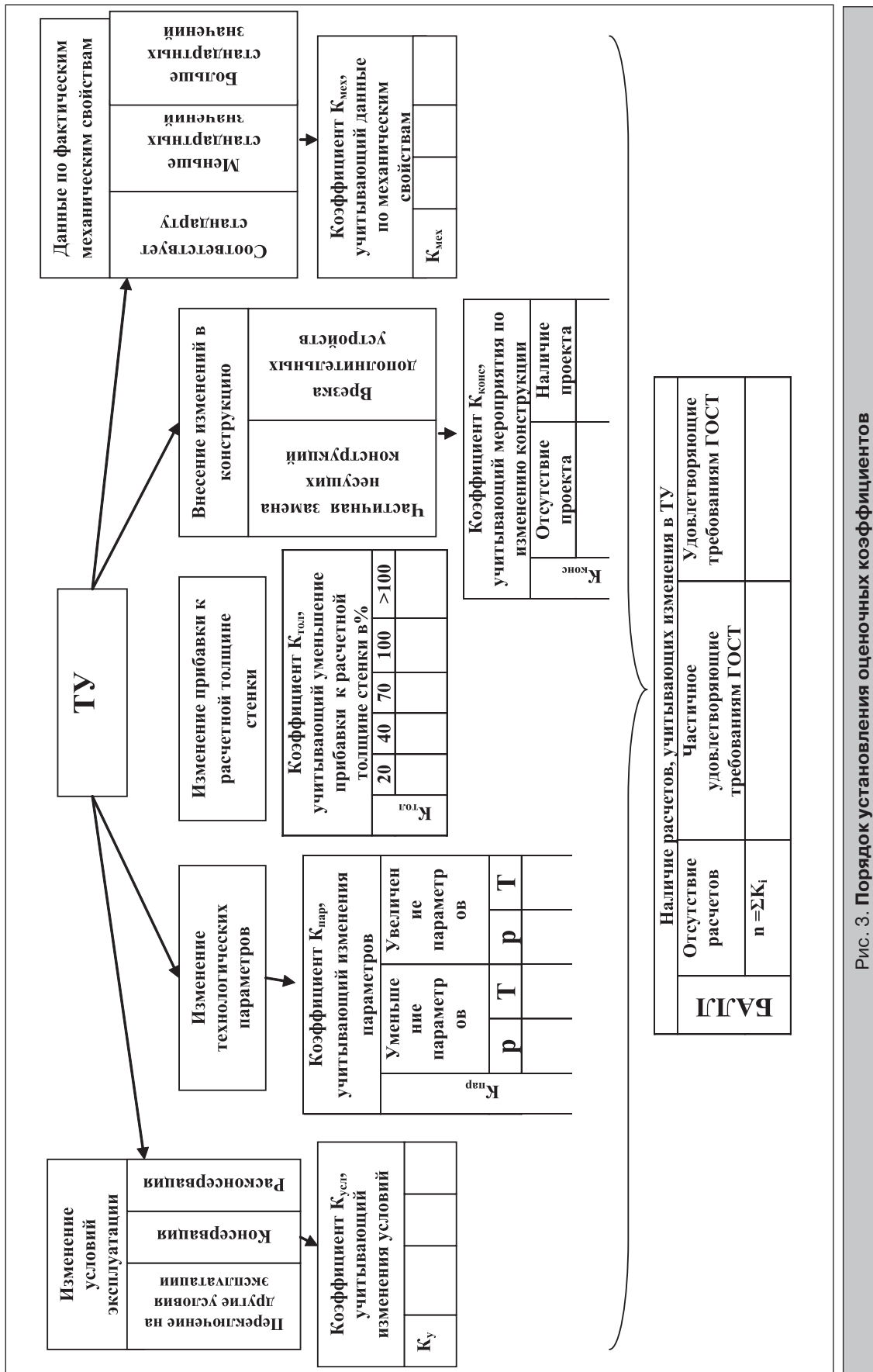


Рис. 3. Порядок установления оценочных коэффициентов

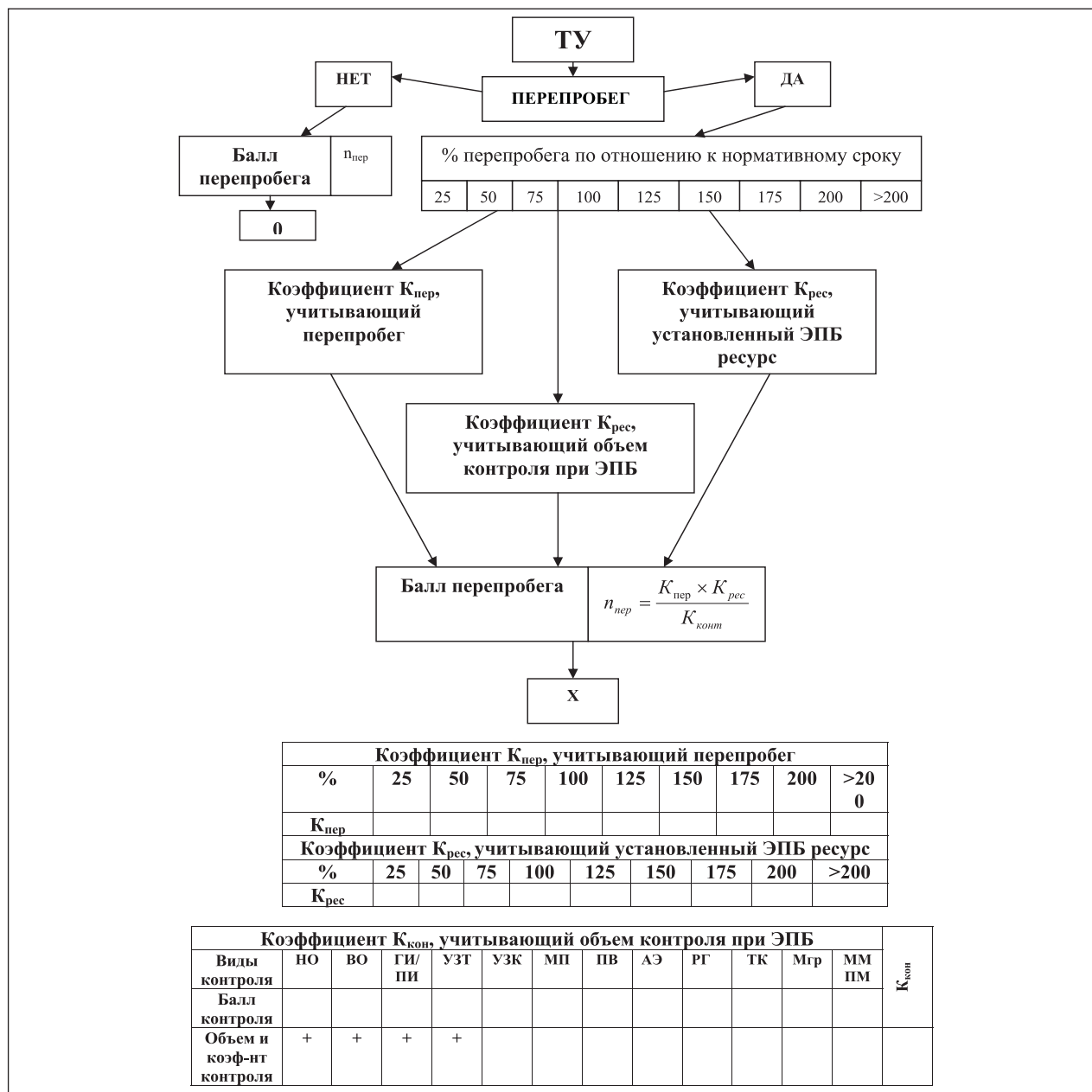


Рис. 4. Порядок установления оценочных коэффициентов в зависимости от наличия или отсутствия перепробега

са. Важным моментом является контроль состава и характера сырья, т. к. перерабатываемое сырье может не соответствовать требованиям ГОСТ по его составу. Появление неучтенных компонентов в составе среды, а также отклонение фактических условий работы установки от требований регламента определяют ее внезапные отказы.

Знание состава сырья и его коррозионных свойств позволяет, во-первых, организовать мероприятия по защите конструкции от коррозии, а во-вторых предусмотреть необходимый контроль

как за состоянием применяемых материалов, так и собственно за коррозионными процессами. В-третьих, знание состава сырья дает возможность установить коррозионную стойкость материалов с прогнозом времени надежной эксплуатации оборудования и, в конечном счете, оценить коррозионную активность среды для рассматриваемого технического устройства.

Следует отметить, что наличие информации по баллам коррозионной активности важно при определении требований к сопровождающему диагностическому контролю зон технических

устройств с максимальными деградационными процессами.

Интегральной бальной оценке должны быть подвергнуты и другие процессы, при проведении которых возможен отказ оборудования: гидродинамические, тепломассообменные, теплообменные и реакционные.

Предложенное решение по обеспечению промышленной безопасности в условиях увеличенных межремонтных пробегов гарантирует высокий уровень надежности оборудования и установок в целом, а также позволит снизить затраты на проведение диагностического контроля.

K. I. Kupriaynova, B. P. Sergiev, N. A. Lukyanenko

### **Towards the System of Accompanied Diagnostics Development to Provide Industrial Safety Under Conditions of Extended Repair Intervals**

*Problems of determination of pipeline zones with elevated stress level are considered. A list of devices for accompanied diagnostics is given. An approach to equipment rank estimation, based on hazard rate in terms of numerical score of such factors as corrosion, failure data, excess life cycle, technological exploitation parameters, medium properties and other factors.*

**Keywords:** non-destructive examination, corrosion, accompanied diagnostics, control zones determination, degradation zones, equipment rank based on hazard rate.

---

## **Вниманию специалистов!**

**В. Е. Емельянов**

### **ПРОИЗВОДСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ**

В книге изложены требования к качеству вырабатываемых и перспективных автомобильных бензинов.

Приведено краткое описание современных технологических процессов переработки нефти с целью получения бензиновых компонентов. Рассмотрено производство различных оксигенатов — высокооктановых кислородсодержащих соединений, применяемых в составе автобензинов.

Подробно охарактеризованы физические, химические и эксплуатационные свойства различных бензиновых компонентов, а также присадок и добавок для улучшения эксплуатационных свойств.

Рассмотрены вопросы контроля качества, транспортирования, хранения и применения автобензинов.

Монография предназначена для инженерно-технических работников предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, работников автотранспортных предприятий, а также бизнесменов, экономистов и менеджеров этих отраслей.

**М.: Издательство «Техника», 2008. — 192 с.**

**В. Е. Емельянов, В. Н. Скворцов**

### **МОТОРНЫЕ ТОПЛИВА: АНТИДЕТОНАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТЬ**

Приведены сведения о требованиях к качеству и технологии производства моторных топлив, методах оценки их детонационной стойкости и воспламеняемости. Изложены основные теоретические и практические вопросы, относящиеся к определению детонационной стойкости и воспламеняемости моторных топлив на современных одноцилиндровых установках, их техническое обслуживание, а также новейшие достижения техники в области совершенствования установок и методов испытаний.

Книга предназначена в качестве практического руководства для работников лабораторий нефтеперерабатывающих и нефтесбытовых предприятий, для работников автомобильного и воздушного транспорта и других отраслей, а также широкому кругу инженерно-технических работников, будет полезна аспирантам и студентам вузов и техникумов.

**М.: Издательство «Техника», 2006. — 192 с.**

## Разработка вариантов производства высокооктановых бензинов в ОАО «Салаватнефтеоргсинтез»

Е. А. Ясакова, А. В. Ситдикова, А. Н. Морозов, А. Ф. Ахметов  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ОАО «Салаватнефтеоргсинтез»

*Рассмотрены и проанализированы варианты производства высокооктановых компонентов бензинов применительно к условиям ОАО «Салаватнефтеоргсинтез». Приведена оценка потенциального бензинового фонда при переходе на выпуск бензинов классов Евро-3, 4, 5 при реализации рассмотренных вариантов.*

**Ключевые слова:** *риформинг, изомеризация, предфракционирование, постфракционирование, ароматические углеводороды, бензол, высокооктановые компоненты.*

В связи с введением новых международных и отечественных экологических стандартов в области снижения техногенных воздействий на окружающую среду, требования к качеству выпускаемых моторных топлив повышаются.

В соответствии с принятым в России в 2008 г. техническим регламентом «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту», с 1 января 2011 г. нефтеперерабатывающим предприятиям необходимо перейти на выпуск автомобильного бензина класса Евро-3, содержание серы в котором по сравнению с действующими нормами снижено с 500 до 150 ppm, бензола — с 5 до 1% об. и содержание олефиновых углеводородов в котором составит не более 18% об. С 1 января 2012 г. должен производиться автомобильный бензин только класса Евро-4 с содержанием серы не более 50 ppm, и ароматических углеводородов не выше 35% об., а с 1 января 2015 г. — бензин класса Евро-5 с содержанием серы не более 10 ppm [1, 2].

Для ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» основной проблемой при получении бензинов по стандартам Евро-3, 4, 5 является соблюдение содержания ароматических углеводородов и бензола в пределах норм по той причине, что основным компонентом компаундирования является риформат, содержащий от 3 до 10% мас. бензола (за 2008 г. среднегодовое содержание бензола составило около 5% мас.) и до 55–60% мас. ароматических углеводородов. Кроме того, в настоящее время в ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» имеется существенный дефицит неароматических высокооктановых компонентов, а для снижения содержания бензола в товарном бензине, например, с 5 до 1% мас. его необходи-

мо разбавить в 5 раз высокооктановыми компонентами с минимально возможным содержанием ароматических углеводородов.

В мировой практике известны различные методы снижения содержания бензола в риформате. Одним из них является предфракционирование сырья риформинга, которое сводится к удалению бензолобразующих компонентов из сырья за счет повышения его температуры начала кипения до 95–100°C, при этом содержание бензола в риформате снижается с 4,3 до 1,2% мас. [3]. Однако данный способ требует квалифицированного использования избытка низкооктановой фракции 70–110°C.

Вторым направлением, позволяющим снизить содержание бензола в риформате, является его постфракционирование. В этом случае из риформата ректификацией извлекается бензолсодержащая фракция, которая далее перерабатывается одним из следующих способов: экстракцией бензола растворителем, алкилированием бензола олефинами, гидрированием бензола в циклогексан или гидроизомеризацией бензола в метилциклопентан.

Для снижения суммарного содержания ароматических углеводородов в товарном бензине в мировой нефтепереработке широко используются следующие компоненты: изомеризат, алкилат, эфиры (МТБЭ, ЭТБЭ, ТАМЭ).

Алкилат является наиболее качественным компонентом, так как имеет высокое октановое число (ОЧ) — до 96 пунктов по моторному методу (М.М.), но вместе с тем это из самых дорогих компонентов автомобильных бензинов, получение которого требует высоких эксплуатационных и капитальных затрат. Кроме того, в настоящее время ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» имеет ограниченные ресурсы бутиленов — сырья



для процесса алкилирования. Таким образом, говорить о целесообразности строительства установки алкилирования можно только тогда, когда будет введен в эксплуатацию новый современный комплекс каталитического крекинга FCC, который предоставит необходимое количество сырьевых компонентов.

Процесс этерификации также характеризуется ограниченными сырьевыми ресурсами, высокими капитальными и эксплуатационными затратами.

Изомеризация пентан-гексановой фракции для ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» является стратегически наиболее привлекательным процессом, позволяющим получать высокооктановый компонент, не содержащий бензол, серу, ароматические и непредельные углеводороды. Более того, в ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» имеется хороший потенциал сырьевой базы для процесса изомеризации. Существенным преимуществом является то, что установка изомеризации требует минимальных капитальных и эксплуатационных затрат, а ее введение в эксплуатацию возможно в наиболее короткие сроки, что очень важно в условиях вступления в силу технического регламента.

**Анализ текущей ситуации производства автомобильных бензинов в ОАО «Салаватнефтеоргсинтез».** В настоящее время в ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» производство автомобильных бензинов базируется на компаундировании риформата с прямогонными

гидроочищенными фракциями и бензином каталитического крекинга. В качестве октаноповышающих добавок используются ароматические углеводороды (толуол, сольвент и т.д.) и МТБЭ (рис.1). Данная схема позволяет производить бензины, соответствующие классу Евро-2 (90%) и лишь небольшую долю (10%) бензинов, отвечающих требованиям Евро-4.

На основании существующей схемы без внедрения новых технологий в программе Aspen PIMS была проведена оценка потенциального бензинового фонда при переходе на выпуск автомобильных бензинов классов Евро-3, 4, 5. При этом учитывалось, что возможно производство двух марок бензинов класса Евро-3 (с ОЧ по исследовательскому методу (И.М.) не менее 92 и 95 пунктов), причем соотношение марок Регуляр-92:Премиум-95 составляет 70:30, что соответствует рыночному спросу на бензины. Бензины класса Евро-4, 5 необходимо производить с ОЧ по И.М., составляющим не менее 95 пунктов. Рассматривались два варианта объема закупок МТБЭ: на уровне 2008 г. и максимально возможная закупка, соответствующая допустимой норме (15% об.) содержания эфиров в товарных бензинах.

Очевидно, что отсутствие в базовой схеме установок по получению высокооктановых компонентов, не содержащих серы, ароматических углеводородов, в том числе бензола, приведет к значительному снижению бензинового фонда при переходе на выпуск бензинов в соответствии

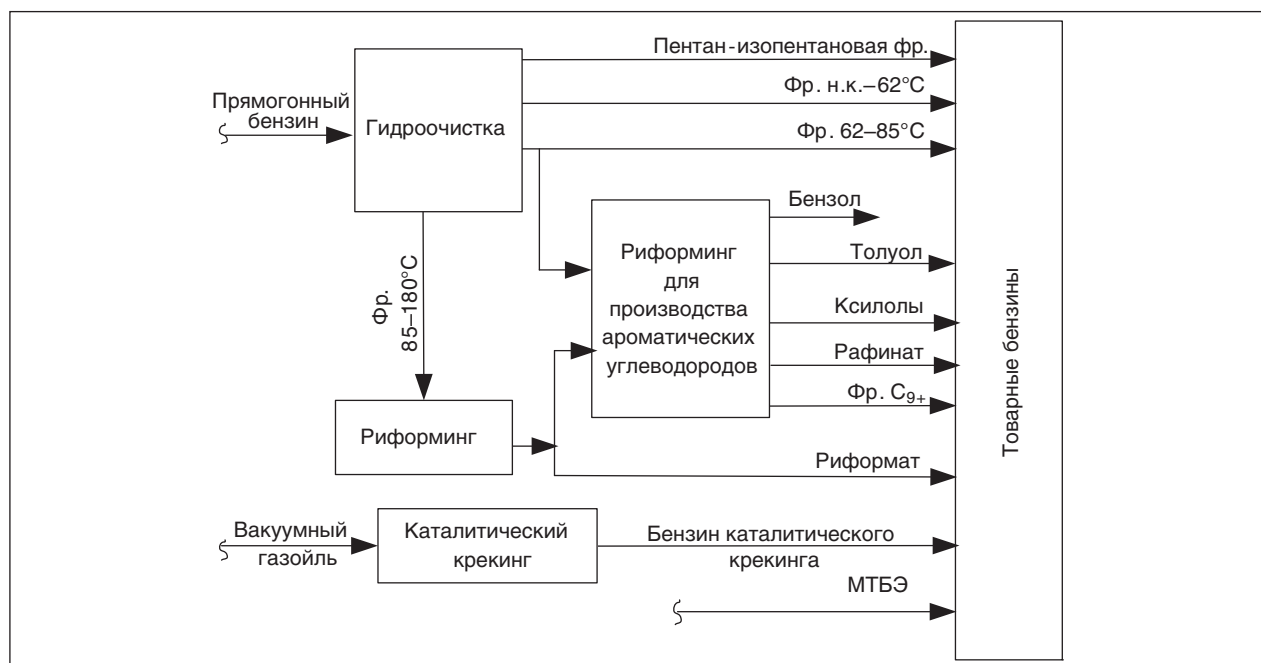


Рис. 1. Существующая схема производства автомобильных бензинов в ОАО «Салаватнефтеоргсинтез»

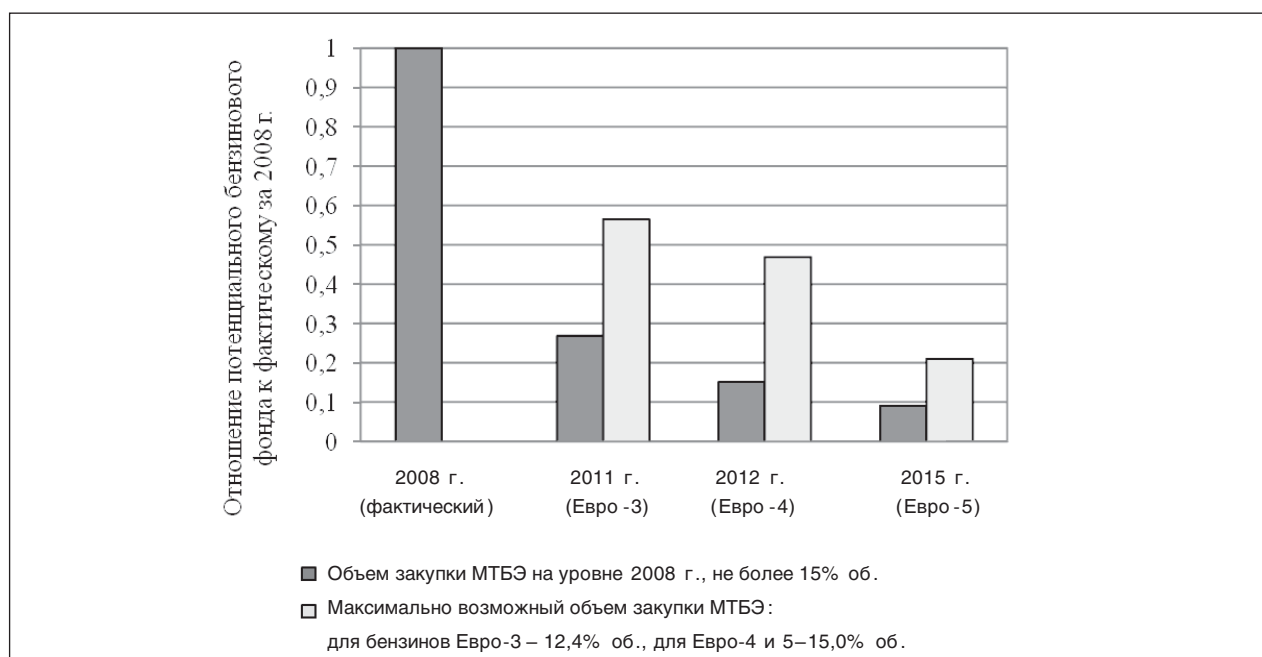


Рис. 2. Оценка потенциального бензинового фонда для существующей схемы производства автомобильных бензинов

с требованиями технического регламента, что показано на рис. 2.

С учетом существующей схемы переработки сырья в ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» были предложены три варианта совершенствования технологии производства высокооктановых бензинов:

- схема с блоком ректификации стабильного риформата с выделением фракций: добензольной (н.к.–62°C), бензолсодержащей (62–90°C) и постбензольной (90–к.к.);

- схема с блоком ректификации стабильного риформата и установкой изомеризации, которая дополнительно к предыдущей схеме предусматривает строительство установки изомеризации легких бензиновых фракций;

- схема с предфракционированием сырья риформинга и установкой изомеризации, требующая изменения схемы фракционирования гидроочищенного прямогонного бензина с выделением фракций н.к.–62°C, 62–100°C, 100–180°C и строительства установки изомеризации.

**Схема с блоком ректификации стабильного риформата.** Среди процессов для снижения содержания бензола в риформате внедрение блока ректификации риформата для ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» является наиболее приемлемым, что обусловлено наличием на предприятии установки риформинга для производства ароматических углеводородов, которая позволяет квалифицированно переработать бензолсодержащую фракцию с выделением из нее

бензола на блоке экстракции с дальнейшим его использованием в нефтехимическом производстве. Кроме того, немаловажным преимуществом данной схемы является короткий срок внедрения блока ректификации риформата в эксплуатацию, которая рассматривается уже с 2011 г.

Распределение бензола во фракциях стабильного риформата исследовали в лабораторных условиях. Результаты данного исследования представлены на рис. 3. Как видно, бензол концентрируется во фракции 62–90°C, которая содержит порядка 80% всего бензола риформата, тогда как содержание бензола во фракции 62–85°C составляет около 61%. Эти результаты согласуются с данными, полученными с действующих промышленных установок [4].

Таким образом, наиболее оптимальный способ разделения риформата в ректификаци-

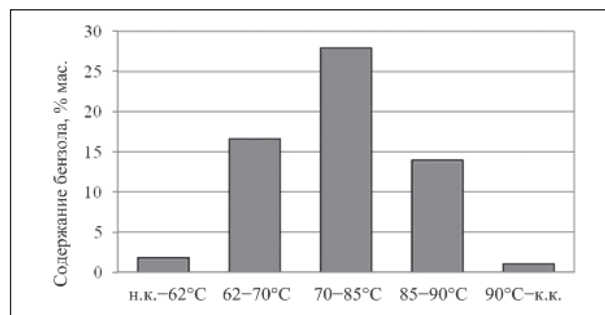


Рис. 3. Распределение бензола во фракциях риформата

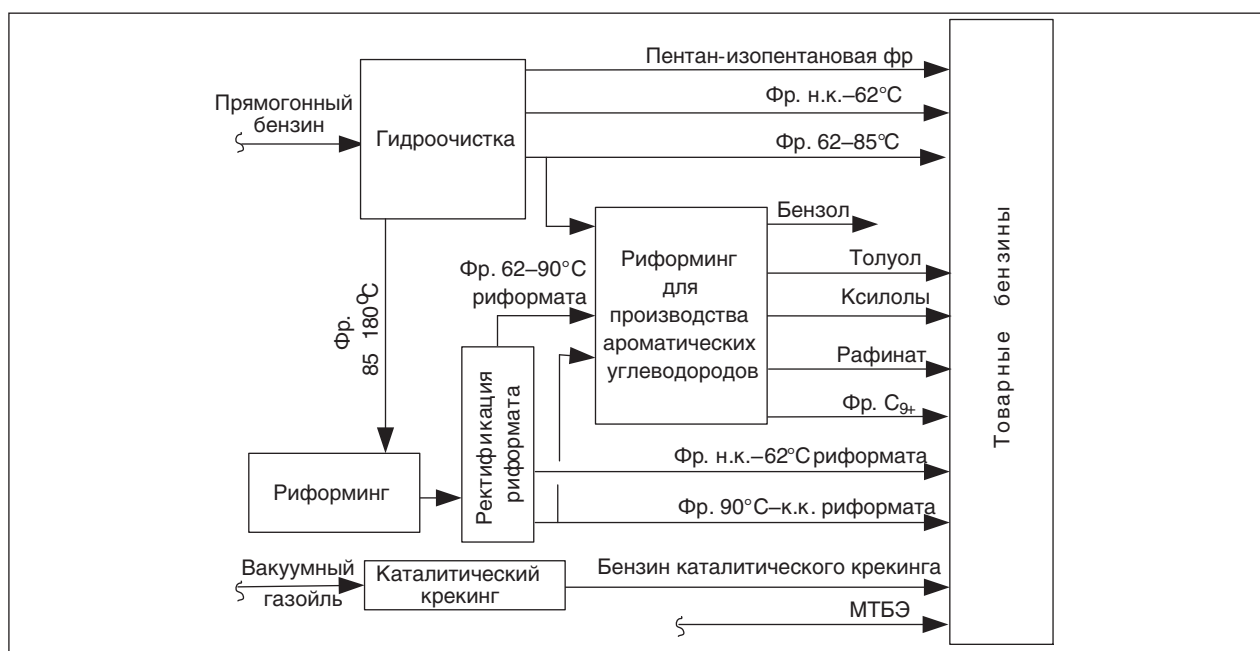


Рис. 4. Схема производства автомобильных бензинов с блоком ректификации стабильного риформата

онной колонне заключается в отборе фракций н.к.-62°C, 62-90°C и 90°C-к.к. Фракции н.к.-62°C и 90°C-к.к. содержат менее 1% мас. бензола и используются как компоненты товарного бензина. Фракция 62-90°C направляется на блок экстракции установки риформинга Л-35/6-300 с целью извлечения бензола. Схема данного варианта производства бензинов показана на рис. 4.

Была составлена модель блока стабилизации и фракционирования риформата в программе Aspen HYSYS, в результате чего получен материальный баланс процесса и такие показатели качества продуктов, как плотность, давление насыщенных паров, содержание бензола, парафиновых, нафтеновых и суммарных ароматических углеводородов (табл. 1).

Исходя из имеющегося набора компонентов и учитывая, что ввод в эксплуатацию блока рек-

тификации стабильного риформата возможен с 2011 г., для данного варианта рассчитали перспективный бензиновый фонд, при этом приняли такие же условия, как и для базового варианта. Результаты расчета представлены на рис. 5.

При максимальном объеме закупки МТБЭ введение в эксплуатацию блока ректификации стабильного риформата позволяет увеличить выработку бензинов класса Евро-3, 4 до уровня 2008 г. и выше, но выпуск бензинов класса Евро-5 снижается примерно на треть, что влечет за собой необходимость внедрения процесса, позволяющего получить высокооктановый мало-сернистый компонент. Данным процессом может быть процесс изомеризации.

**Схема с блоком ректификации стабильного риформата и установкой изомеризации.** Выбор данного варианта обусловлен тем, что

Табл. 1. Показатели качества продуктов фракционирования риформата

Наименование показателя	Рефлюкс	н.к.-62°C	62-90°C	90°C-к.к.
Выход на риформат, % мас.	4,1	13,9	11,6	70,4
Содержание углеводородов, % мас.:				
парафиновых	99,89	94,35	55,89	27,17
нафтеновых	0,11	4,65	8,25	1,92
ароматических	0	1,00	35,86	70,91
Содержание бензола, % мас.	0	1,00	35,86	1,00
Давление насыщенных паров, кПа	620	110	28	7
Плотность при 15°C, кг/м <sup>3</sup>	572	644	744	820
Октановое число И.М./М.М.:	-	78,4 / 74,2	67,8 / 64,0	99,6 / 85,4

\*Определяли стандартными методами по ГОСТ 8226-82 и ГОСТ 511-82, соответственно.

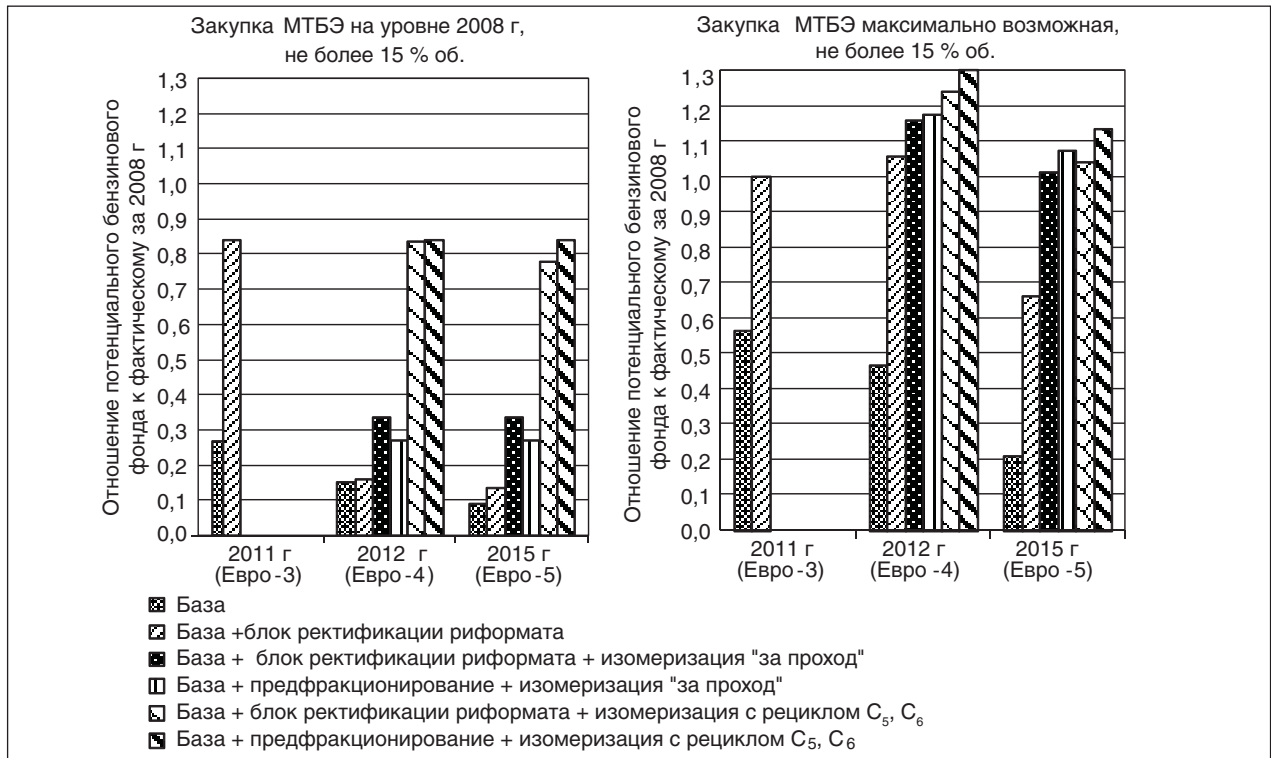


Рис. 5. Относительный потенциальный бензиновый фонд при переходе на выпуск бензинов класса Евро-3,4,5

среди процессов получения высокооктановых компонентов установка изомеризации легких бензиновых фракций характеризуется наиболее низкими капитальными и эксплуатационными затратами, надежной сырьевой базой и высоким качеством продукта.

В результате лабораторных испытаний было установлено, что фракция н.к.–62°C риформата имеет сравнительно высокое октановое число (ОЧ по И.М. равно 78 пунктов), однако потенциал для его прироста имеется. Поэтому в качестве сырья перспективной установки изо-

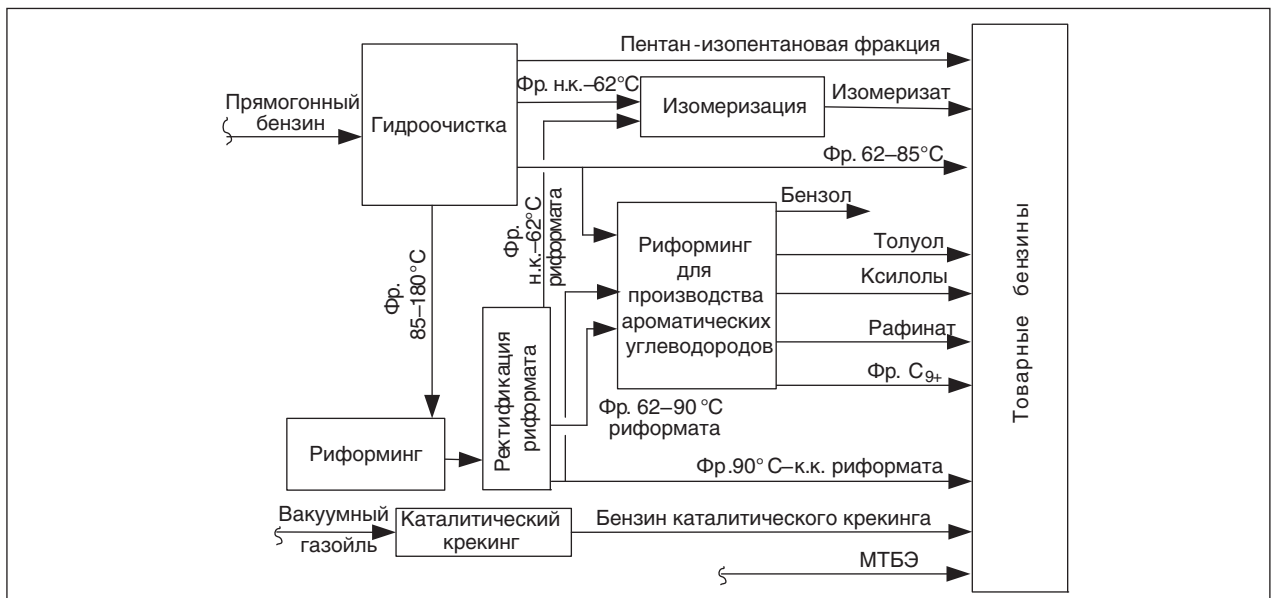


Рис. 6. Схема производства бензинов с блоком ректификации стабильного риформата и установкой изомеризации

меризации, с учетом схемы переработки нефти в ОАО «Салаватнефтеоргсинтез», предлагается использовать смесь прямогонной гидроочищенной фракции н.к.–62°C и фракции н.к.–62°C риформата (рис. 6). Данный вариант даст возможность максимально использовать сырьевые ресурсы НПЗ.

Немаловажным является не только состав сырья, но и выбор технологии процесса изо-

меризации. В промышленной практике применение нашли различные типы катализаторов изомеризации, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки. Наибольшее распространение в последнее время получили катализаторы на основе сульфатированного диоксида циркония, которые сочетают высокую активность и устойчивость к каталитическим ядам.

Табл. 2. Характеристика сырья и продукта процесса изомеризации

Наименование показателя	Прямогонная фр. н.к.–62°C	Фр. н.к.–62°C риформата	Смесь* прямогонной фр. н.к.–62°C и фр. н.к.–62°C риформата
Фракционный состав, °C			
н.к.	34,7	18,1	19,5
10%	34,9	25,6	31,4
50%	40,9	40,1	39,2
95%	58,7	60,3	59,1
к.к.	64,8	65,5	65,1
Компонентный состав, % мас.			
Изобутан	0,000	0,550	0,219
<i>n</i> -Бутан	0,011	6,171	2,461
2,2-диметилпропан	0,002	0,000	0,001
Изопентан	18,421	26,437	21,609
<i>n</i> -Пентан	51,430	18,877	38,483
Диметилбутаны	4,423	6,745	5,347
Циклопентан	5,043	0,398	3,196
Метилпентаны	15,916	32,977	22,701
<i>n</i> -Гексан	3,434	6,630	4,705
Диметилпентаны	0,002	0,001	0,002
Метилциклопентан	0,783	0,202	0,552
2,2,3-триметилбутан	0,004	0,000	0,003
Бензол	0,447	1,001	0,668
Циклогексан	0,073	0,000	0,044
Метилгексаны	0,004	0,000	0,003
<i>n</i> -Гептан	0,006	0,000	0,003
Другие	0,000	0,010	0,004
Сумма	100,000	100,000	100,000
Содержание углеводородов, % мас.			
<i>n</i> -парафиновых	54,88	31,68	45,65
изопарафиновых	38,77	66,71	49,88
нафтеновых	5,90	0,60	3,79
ароматических	0,45	1,00	0,67
олефиновых	0,00	0,01	0,00
C <sub>7+</sub>	0,01	0,01	0,01
ОЧ И.М/М.М.	74/71	78/74	75/72
Содержание серы, ppm	1,37	3	2,02
Содержание влаги, ppm	50	10–15	34–36
Содержание бензола, % мас.	0,447	1,001	0,67
Давление насыщенных паров, кПа	98	110	103
Плотность при 15°C, кг/м <sup>3</sup>	645,7	645,0	645,4
ОЧ (И.М.) изомеризата /прирост ОЧ (И.М.) при работе установки по схеме:			
без рециркуляции		85/10	
с рециклом <i>n</i> -пентана		87/12	
с рециклом гексанов		89/14	
с рециклом пентанов и гексанов		91/16	
с адсорбцией <i>n</i> -парафинов на молекулярных ситах		91/16	

\* Массовая доля прямогонной фр. н.к.–62°C составляет 0,6.

Характеристика сырья процесса изомеризации, а также прогнозируемое ОЧ изомеризата по И.М. для катализаторов на основе сульфатированного диоксида циркония по данным [5, 6], приведены в табл. 2.

Исходя из имеющегося набора компонентов, и учитывая, что ввод в эксплуатацию установки изомеризации возможен с 2012 г., рассчитан перспективный бензиновый фонд предприятия по двум вариантам: для установки изомеризации без рециркуляции и с рециклом пентанов и гексанов (рис. 5).

Показано, что установка изомеризации с рециклом пентанов и гексанов более эффективна и позволяет производить бензины марок Евро-4, 5 в двукратном объеме по сравнению с установкой без рециркуляции при объеме закупки МТБЭ на уровне 2008 г.

**Схема с предфракционированием сырья риформинга и установкой изомеризации.** Другим подходом к производству компонента бензина с низким содержанием бензола может быть предфракционирование сырья риформинга. Содержание бензола в риформате в этом случае снижается до 1,2–4,5% мас. в зависимости от концентрации предшественников бензола в сырье [3, 7].

В этой связи предлагается изменение схемы фракционирования установки гидроочистки прямогонного бензина с выделением фракций н.к.–62°C, 62–100°C и 100–180°C. Фракцию н.к.–62°C предлагается использовать в качестве сырья установки изомеризации, фракцию 62–100°C

— как сырье пиролиза, и частично направлять в реакторный блок установки риформинга для получения ароматики Л-35/6-300, а фракцию 100–180°C — в качестве сырья процесса риформинга Л-35/11-1000. Схема производства бензинов по указанному варианту представлена на рис. 7.

Кроме качественного сырья для процесса риформинга, данная схема позволяет получить дополнительное количество сырья пиролиза. В связи с тем, что фракция 62–100°C направляется на пиролиз, были рассчитаны выходы продуктов пиролиза на измененном сырье в модели SPYRO печей пиролиза ЭП-300 ОАО «Салаватнефтеоргсинтез». В качестве исходных данных взят среднегодовой состав бензинового сырья за 2008 г., а также показатели качества отдельных его компонентов. Следует отметить, что при вовлечении фракции 62–100°C в сырье процесса пиролиза, выход целевых продуктов (этилена и пропилена) снижается на 1,3%. Результаты расчета представлены в табл. 3.

Исходя из имеющегося набора компонентов, был рассчитан потенциальный бензиновый фонд для данной схемы с установкой изомеризации без рециркуляции и с рециклом пентанов и гексанов. Видно, что данная схема позволяет производить перспективные марки бензинов примерно в том же количестве, что и схема с блоком ректификации риформата и установкой изомеризации (рис. 5). Однако расчет эффективности инвестиционного проекта показал, что чистый дисконтированный доход при инвестировании

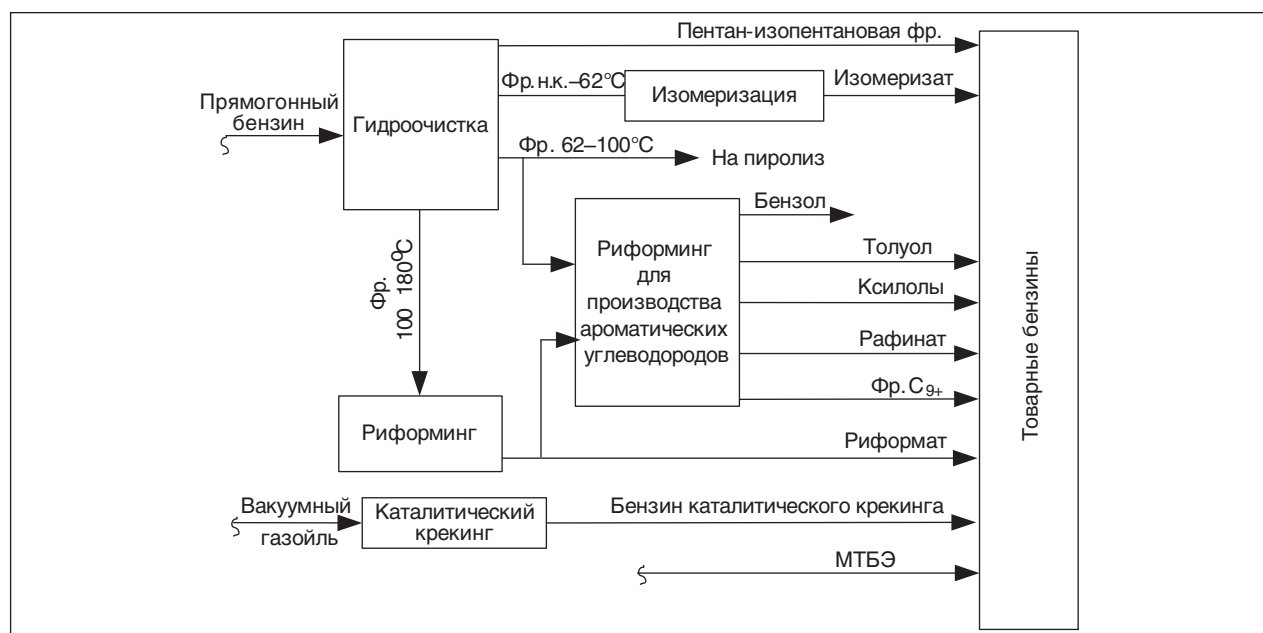


Рис. 7. Схема производства бензинов с предфракционированием сырья риформинга и установкой изомеризации

Табл. 3. Выход продуктов пиролиза, рассчитанный в модели SPYRO

	Текущее сырье	Сырье после ввода в эксплуатацию предфракционирования сырья риформинга
Состав сырья, % мас.		
Рафинат	18,8	16,3
Бензин с АВТ	54,6	47,5
Фракция н.к.–62°C	21,3	–
Фракция 85–180°C	2,8	–
Фракция 62–100°C	–	35,1
Другие	2,5	1,2
Сумма	100,0	100,0
Выход продуктов пиролиза, % мас.		
Водородсодержащий газ	1,9	2,0
Метан-водородная фракция	18,3	17,6
Этилен	28,7	27,4
Пропилен	15,4	14,1
Бутан-бутадиеновая фракция	11,5	9,5
Пентан-амиленовая фракция	1,7	2,6
Пироконденсат	17,9	21,2
Тяжелая смола	3,7	4,7
Потери	1,0	0,9
Сумма	100,0	100,0

данного варианта (с установкой изомеризации с рециклом пентанов и гексанов) на 20% ниже, чем для аналогичной схемы с блоком ректификации риформата.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что применительно к условиям ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» все рассматриваемые мероприятия позволят значительно увеличить объем производства высокооктановых бензинов. Среди предложенных схем наиболее эффективной является схема, предусматриваю-

щая внедрение блока ректификации риформата и установки изомеризации с рециклом пентанов и гексанов, которая позволит предприятию перейти на выпуск автомобильных бензинов классов Евро-3, 4, 5 без снижения объема производства и получить максимальную прибыль. Принятая программа модернизации в дальнейшем позволит ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» быть конкурентоспособным и занимать достойные позиции на мировом и отечественном рынке, обеспечивая их высококачественными моторными топливами.

### Литература

1. Специальный технический регламент «О требованиях к бензинам, дизельному топливу и отдельным горюче-смазочным материалам».
2. <http://www.au92.ru>. — Введение бензина Евро-3 в России отложено до 2011 г.
3. Мириманян А. А., Вихман А. Г. и др. О снижении содержания бензола в бензинах и риформатах // Нефтепереработка и нефтехимия. — 2006. — № 8. — С. 11–14.
4. Варшавский О. М., Сулягин Н. В., Иванов А. М. и др. Внедрение схемы удаления бензола из риформата на Киришском НПЗ // Мир нефтепродуктов. — 2008. — № 8. — С. 19–22.
5. <http://www.nefthim.ru>.
6. <http://www.uop.com>.
7. Абдульминьев К. Г., Ахметов А. Ф., Сайфуллин Н. Р. и др. Производство ароматических углеводородов и высокооктановых бензинов фракционированием катализаторов риформинга // Башкирский химический журнал. — 2000. — Т. 7. — № 2. — С. 47–50.

E. A. Yasakova, A. V. Sitdikova, A. N. Morozov, A. F. Akhmetov

#### Development of Ways for High-octane Gasoline Production at JSC «Salavatnefteorgsynthet»

*Ways for high-octane gasoline production in response to JSC «Salavatnefteorgsynthet» were considered and analyzed. A potential gasoline pool assessment at changeover to Euro-3, 4 and 5 gasoline production with the mean of the ways involved is demonstrated.*

**Keywords:** reforming, isomerization, prefractionation, postfractionation, aromatics, benzene, high-octane components.

## «Временный ремонт» резервуаров: обеспечение надежности конструкций или увеличение риска возникновения инцидентов и аварий?

Е. А. Волкова, В. П. Казюлькин  
ООО «ЭКСПЕРТ-ТЕХНОЛОГИЯ», г. Мурманск

*На основе практического опыта и достоверных фактических материалов отражены последствия, к которым приводят непродуманные технологии ремонта резервуаров. Рассматривается проблема обеспечения качественного и надежного ремонта. Высказаны сомнения в целесообразности применения «временных технологий» ремонта резервуаров. Дан сравнительный анализ выбираемых ремонтных технологий.*

**Ключевые слова:** экспертиза промышленной безопасности, вертикальные резервуары, горизонтальные резервуары, ремонт, временный ремонт, капитальный ремонт.

При проведении экспертизы промышленной безопасности резервуаров экспертная организация нередко сталкивается с рядом проблем. В России большая часть резервуаров находится в эксплуатации более 40 лет, причем зачастую эти резервуары ни разу не подвергались ремонту, либо был проведен лишь временный ремонт. В процессе выполнения технического диагностирования часто выявляются дефекты, которые не позволяют продолжить дальнейшую эксплуатацию резервуаров без проведения капитального ремонта.

При согласовании мероприятий, которые Заказчик обязан выполнить за определенный срок, для того, чтобы экспертизу можно было завершить, возникает проблема в сроках исполнения данных мероприятий. В виду этого Заказчик, в целях экономии времени и материальных затрат, часто использует технологии ремонта, которые не соответствуют требованиям к обеспечению надежности конструкции, в результате чего возрастает риск возникновения аварий. Далее рассмотрены примеры таких ремонтов.

1. В заглубленных горизонтальных резервуарах при разрывах стенки и сквозных поражениях нижней части стенки резервуара вследствие проникновения грунтовых вод применяли дублировку дефектной части стенки отдельными заплатами, не смотря на то, что деформация резервуара и раскрытие трещин по основному металлу происходили ввиду неправильной подготовки фундамента. Такой ремонт приводит к тому, что в итоге резервуар проваливается далеко внутрь, происходит разрыв сварных швов подводных и отводящих трубопроводов. Коррозионное поражение металла нижней части стенки резервуара увеличивается.

2. В стальных вертикальных резервуарах при ремонте уторного шва и дефектной нижней части первого пояса применялись ненадлежащие технологии ремонта. Резервуары имели следующие дефекты: слоистая коррозия 100% краев днища (рис. 1), утончение металла более 70% от проектной толщины нижней части первого пояса, трещины и сквозные дефекты уторного шва при отсутствии усиления сварного шва, днище частично имело сквозные коррозионные поражения металла и неравномерную осадку. Ремонтные организации неоднократно допускали ошибки при ремонте днища резервуара и уторного шва. Так например, для ремонта уторного узла (углового сварного соединения днища со стенкой резервуара) использовали так называемое «уторное кольцо», представляющее собой замкнутое кольцо, изготовленное из нескольких частей развальцованного профильного уголка или швеллера, которое приваривалось внутри к стенке и крайкам днища резервуара ручной электродуговой сваркой (рис. 2). Данный вид ремонта не может обеспечивать надежность конструкции, так как некачественное выполнение сварных швов и высокие реактивные напряжения, возникающие при низких температурах, могут привести к росту хрупких трещин и распространению их по всей высоте резервуара, что может вызвать его полное разрушение. Как показывает практика, ремонт уторного узла резервуара сопровождается полной заменой дефектного места.

3. При ремонте днища резервуара и краев использовали технологию «двойного дна», т. е. поверх старого днища накладывали новые листы днища и краев и сваривали их между собой встык, используя старое днище как подкладные планки. Основные дефекты, такие





Рис. 1. Слоистая коррозия окрайки дна резервуара

как неравномерная осадка дна и хлопунты, значения которых превышали допустимые, при проведении указанного ремонта не устранялись. Как известно, осадка основания в основном происходит неравномерно, наибольшего значения она достигает около стенок и наименьшего – в центре. В результате местного повреждения окроек основания в корпусе и днище резервуара развиваются значительные напряжения, которые могут привести к изменению формы цилиндрической оболочки с образованием выпучин и вмятин. Как показывает практика, разрушение резервуаров чаще всего происходит не при первом гидравлическом испытании, а после нескольких лет эксплуатации. Большие неравномерные осадки по площади дна и по его

периметру вызывают дополнительные деформации в конструктивных элементах резервуаров, особенно в нижнем узле сопряжения стенки с окрайкой дна (уторный узел) и связанные с ними дополнительные напряжения. Сочетание значительных эксплуатационных напряжений с дополнительными от неравномерной осадки может привести к разрушению узла сопряжения или к разрыву полотнища дна.

Обычно в вертикальных резервуарах дефекты, описанные в п. 2 и 3, встречаются одновременно, поэтому устранять их целесообразно полной заменой дефектных мест. Например, при проведении экспертизы промышленной безопасности стального вертикального цилиндрического резервуара объемом 3000 м<sup>3</sup>,



Рис. 2. «Уторное кольцо» из развальцованного швеллера

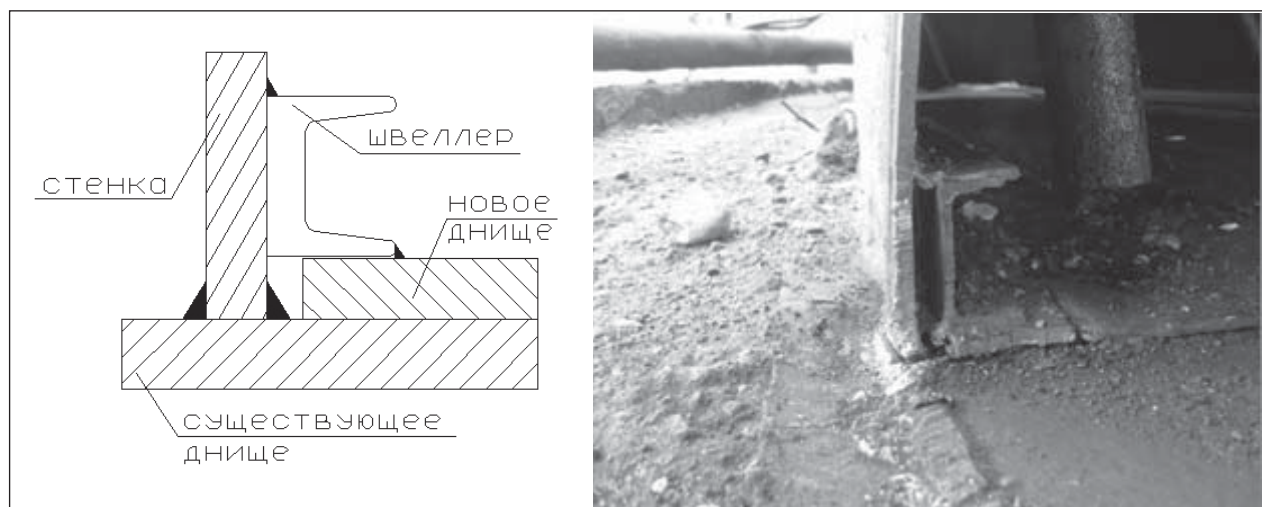


Рис. 3. Схема ремонта нижней части первого пояса стенки резервуара

установленного на территории котельной ОАО «Мурманский морской рыбный порт», были выявлены следующие дефекты: расслаивающаяся коррозия по всему периметру окрайки днища с толщиной отслоения до 5 мм, сквозная коррозия днища, хлопунты с максимальной площадью 7 м<sup>2</sup> и максимальной высотой 150 мм, утончение металла нижней части первого пояса более 50% от проектной величины, пустоты между днищем и основанием резервуара, местная просадка. Ремонт резервуара был произведен в следующем объеме:

- ремонт основания и отмостки;
- полная замена днища, окрайки днища, нижней части первого пояса стенки резервуара;
- гидравлические испытания;
- восстановление антикоррозионной защиты

поверхностей внутреннего объема резервуара и наружной стороны первого пояса;

- восстановление тепловой изоляции и металлической обшивки первого пояса стенки резервуара.

Схема ремонта резервуара показана на рис. 3. Срок выполнения работ в зимний период времени составил 40 календарных дней, а время устранения повреждений резервуара технологиями, указанными в п. 2 и 3, в совокупности занимает не более двух недель.

Подводя итоги, необходимо отметить, что обеспечение безопасной эксплуатации резервуара должно сводиться к проведению качественного и своевременного ремонта, при этом следует уделять внимание правильному выбору технологии ремонта.

E. A. Volkova, V. P. Kazyulkin

### Tanks Temporary Repair: Design Reliability Assurance or Accidents and Damages Risk Increase?

*On the basis of practical experience and responsible actual material consequences of unreasoned tanks repair technique are reflected. The problem of providing of high-quality and reliable repair is considered. Uncertainty about applicability of temporary repair techniques application are given. Comparative analysis of chosen repair techniques is presented.*

**Keywords:** industrial safety expert review, upright tank, horizontal tank, repair, temporary repair, full repair.

## Проект единой системы управления магистральным нефтепроводом

А. А. Башлыков, М. А. Лыгин, С. Ф. Дрожжинов, А. В. Черников  
ЗАО «ВНИИСТ-Нефтегазпроект»

*Рассматривается подход к созданию единой системы управления (ЕСУ) магистральным нефтепроводом. На примере трубопроводной системы «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО) дана архитектура ЕСУ, изложены принципы построения и структура средств реализации программно-логического управления и средств информационной поддержки принятия решений.*

**Ключевые слова:** магистральный нефтепровод, единая система управления, диспетчерский пункт, функционально-групповое управление, алгоритм управления, информационная поддержка диспетчера.

Одним из способов повышения надежности и безаварийности функционирования магистральных нефтепроводов (МН) с целью уменьшения риска человеческого фактора является сведение к минимуму действий диспетчера по управлению такими объектами. При этом управление режимами работы трубопроводной системы (ТС) должно максимально возлагаться на средства автоматизации.

Примером решения данной задачи служит проект единой автоматизированной системы управления (ЕСУ) МН «Восточная Сибирь — Тихий Океан» (ВСТО), цель создания которой заключалась в обеспечении снижения вероятности ошибочных действий оперативно-диспетчерского персонала при выполнении операций по управлению технологическими объектами МН и уменьшению затрат времени и ресурсов на перевод технологических объектов МН из одного состояния в другое, включая действия в нештатных ситуациях.

В разработанном проекте ЕСУ *координация решения задач управления* осуществляется диспетчером из единого центра управления — территориального диспетчерского пункта (ТДП). *Выполнение задач управления* возлагается на программно-технические средства программно-логического управления, распределенные между уровнями ТДП и местного диспетчерского пункта (МДП), находящегося на нефтеперекачивающей станции (НПС). Иными словами, ТДП выполняет функции принятия решений, а МДП — функции их реализации.

При таком подходе оперативно-диспетчерский персонал ТДП осуществляет только настройку и инициализацию задач управления режимами перекачки нефти, производит контроль за ходом реализации этих задач и вмешивается в процесс управления только при возникновении нештатных ситуаций. Такое вмешательство реализуется либо

средствами дистанционного управления с уровня ТДП, либо передачей управляющих полномочий по иерархии «вниз», на МДП.

Программно-логическое формирование распределенных управляющих воздействий для каждого режима работы МН осуществляется и контролируется средствами автоматики на уровне ТДП и передается на исполнительные механизмы, размещенные на НПС и линейной части (ЛЧ) нефтепровода. При этом в ЕСУ сохранена возможность реализации дистанционного управления как с уровня ТДП, так и с уровня МДП (НПС).

Создание ЕСУ позволяет решить следующие задачи:

- обеспечить безопасную и безаварийную работу трубопровода на заданных и автоматически поддерживаемых режимах работы;
- обеспечить автоматический контроль и оптимизацию режимов работы трубопровода с минимизацией затрат на транспортировку;
- обеспечить непрерывный мониторинг состояния оборудования трубопроводной системы и программно-аппаратных средств ЕСУ.

Единая автоматизированная система управления ТС ВСТО представляет собой территориально-распределенную иерархическую компьютерную систему, объединяющую средства связи, автоматизации и телемеханизации, централизованного контроля и управления, диспетчерского контроля и управления.

ЕСУ как *орган управления* — это централизованная иерархическая система. Она служит для обеспечения автоматического, автоматизированного и дистанционного управления технологическим оборудованием МН из единого центра — ТДП, а при передаче полномочий по управлению — из МДП.

ЕСУ как *орган контроля* представляет собой распределенную систему, которая служит для

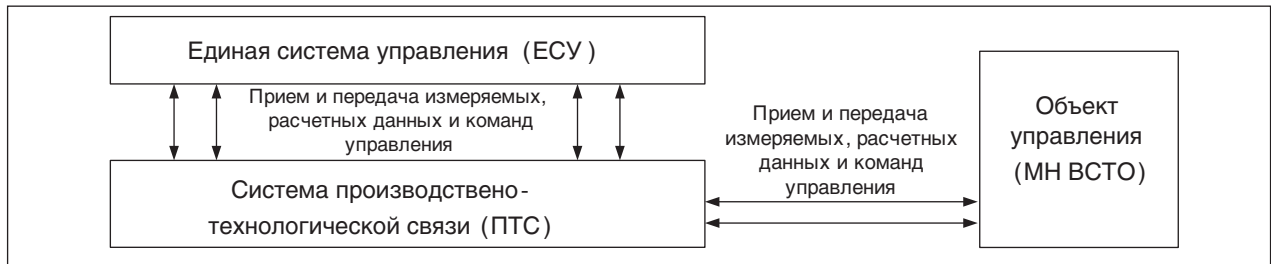


Рис. 1. Архитектура взаимодействия ЕСУ, системы производственно-технологической связи и объекта управления

обеспечения мониторинга, контроля состояния магистрального трубопровода и строится с использованием сетевых компьютерных технологий как единая территориально распределенная система, состоящая из МДП и линейной части.

Архитектура взаимодействия ЕСУ, системы производственно-технологической связи и объекта управления представлена на рис. 1.

Принятая иерархия уровней управления, компонентов ЕСУ, а также их взаимодействие с программно-техническими средствами показаны на рис. 2.

Такая структура инвариантна к конфигурации распределенной системы транспорта нефти и включает три уровня средств управления:

*Уровень 0* представлен датчиками и исполнительными механизмами;

*Уровень 1* – местные диспетчерские пункты, состоящие из микропроцессорных систем автоматизации (МПСА), локальных систем автоматизации (ЛСА) и линейная часть, включающая системы линейной телемеханики (ЛТМ);

*Уровень 2* включает территориальные диспетчерские пункты (основной и резервный) с операторским интерфейсом, функционально-

групповым управлением (ФГУ), поддержкой действий диспетчера в штатных и нештатных состояниях на основе математической модели МН, системой обнаружения утечек (СОУ).

Архитектура производственно-технологической связи ЕСУ для первого этапа первой очереди МН ВСТО приведена на рис. 3. В качестве основных каналов связи для ЛЧ и НПС используются цифровые радиорелейные линии (ЦРРЛ). В роли резервных каналов связи выступают арендуемые оптоволоконные каналы и спутниковые каналы. Связь ТДП с центральным диспетчерским пунктом (ЦДП) и спецморнефтепортом (СМНП) обеспечивается по арендованному оптоволоконному каналу связи как основному и спутниковому каналу, рассматриваемому как резервный. Железнодорожный комплекс перевалки нефти (ЖКПН) в части обеспечения связью рассматривается как НПС.

ЕСУ рассматривается как многоконтурная система, обеспечивающая взаимодействие ТДП с ЦДП и средствами автоматизации на уровне МДП и ЛЧ. Номенклатура контуров управления приведена на рис. 4.

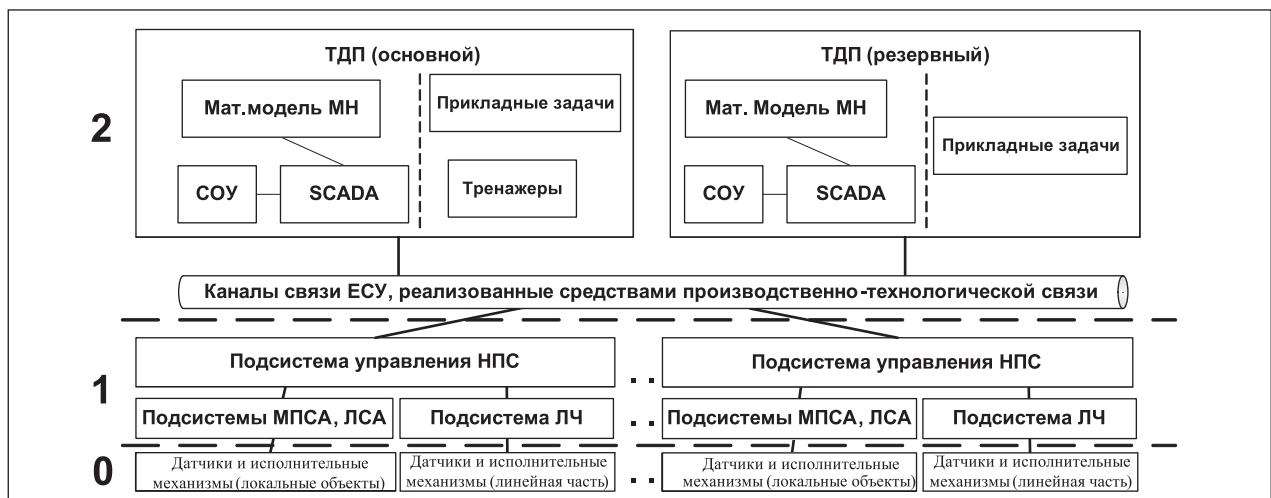


Рис. 2. Иерархия уровней управления, компонентов ЕСУ и их взаимодействие с программно-техническими средствами

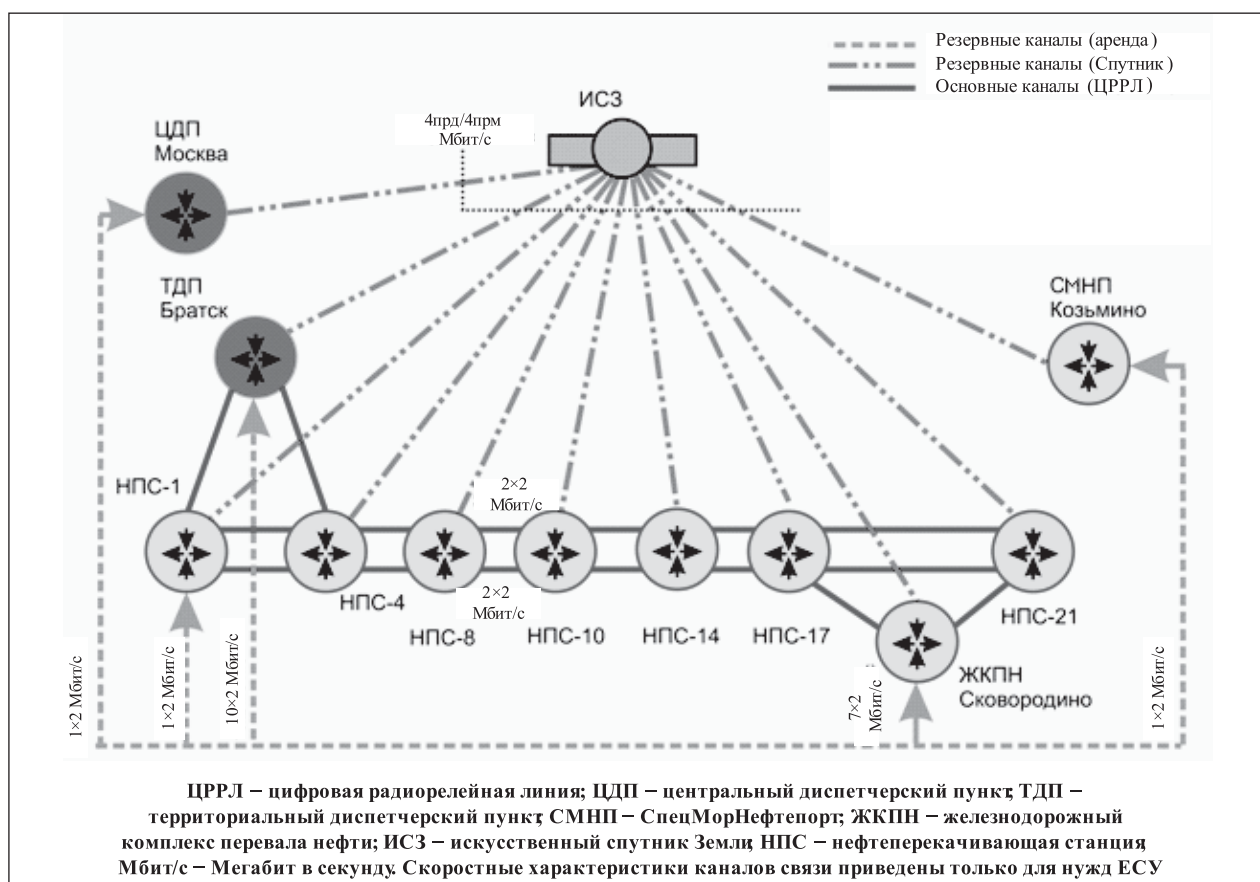


Рис. 3. Архитектура производственно-технологической связи ЕСУ для первого этапа первой очереди МН ВСТО

Архитектура функциональных подсистем средств управления представлена на рис. 5, где АСУ ПТ — автоматизированная система управления пожаротушения, ДЭС — дизельная электростанция, МНА — магистральный насосный агрегат, ПНА — подпорный насосный агрегат, РП — резервуарный парк, СИКН — система измерения количества и показателей качества нефти.

В отличие от традиционной системы диспетчерского контроля и управления (СДКУ), в которой оценка ситуаций, принятие и реализация логически связанной последовательности управляющих решений возлагается на оператора, а управление осуществляется прямым дистанционным воздействием на отдельные единицы оборудования и подсистемы, в ЕСУ программно-логическое управление ведется на основе принципов функционально-группового управления в автоматическом режиме из единого управляющего центра – ТДП, команды которого реализуются во всех МДП и ЛЧ МН.

Эти принципы основаны на использовании шаговой процедуры автоматической реализации

алгоритмов управления, логической проверки условий выполнения шага и контроля исполнения команд управления. Другими словами, ФГУ рассматривается как связанная логическими условиями иерархия алгоритмов пошагового управления процессами перекачки нефти. Эти алгоритмы обеспечивают реализацию автоматического управления МН из единого центра — ТДП и включают следующие процедуры:

- приведения технологии в состояние готовности к управлению;
- автоматического или автоматизированного пуска и остановки режимов перекачки;
- переходов с одного режима на другой и действий в нештатных ситуациях;
- автоматического управления НПС и линейными задвижками;
- дистанционного управления функциональными элементами, например, магистральными и подпорными насосами, магистральными задвижками.

Шаговые алгоритмы ФГУ предусматривают:

- контроль состояния оборудования;

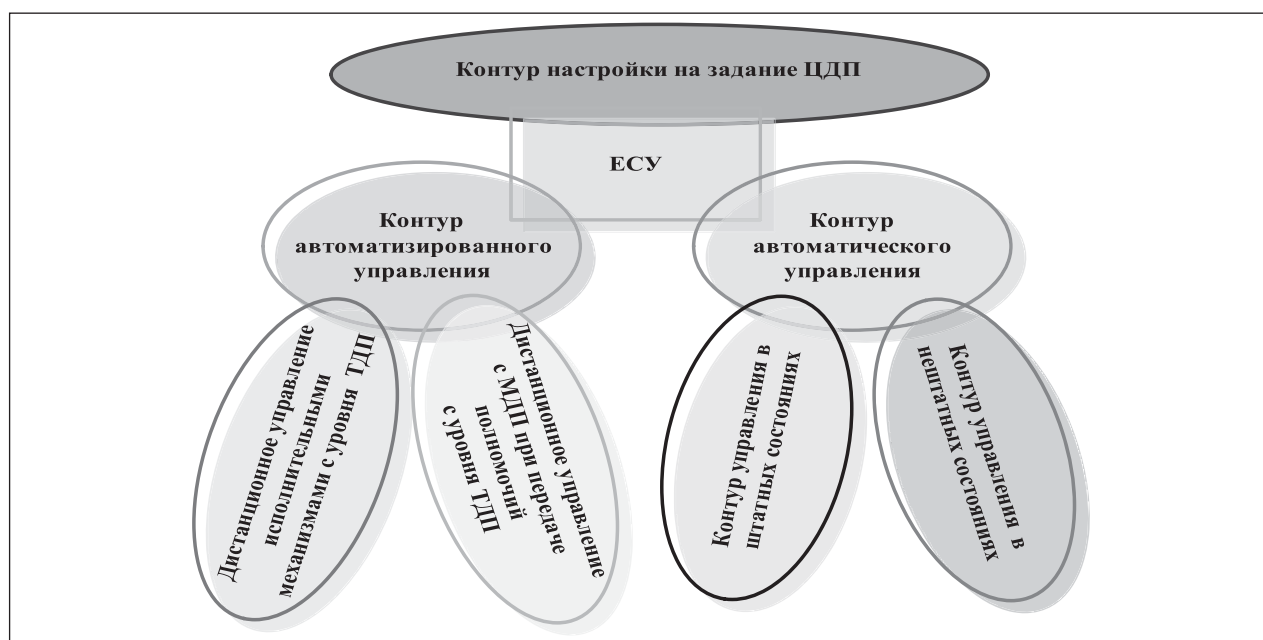


Рис. 4. Архитектура контуров управления ЕСУ

- формирование управляющих воздействий на исполнительные механизмы;
- реализацию непосредственного управления исполнительными устройствами;
- управление технологическими уставками

и режимами работы автоматических регуляторов;

- формирование информации о ходе выполнения алгоритмов управления, а также причинах их невыполнения;

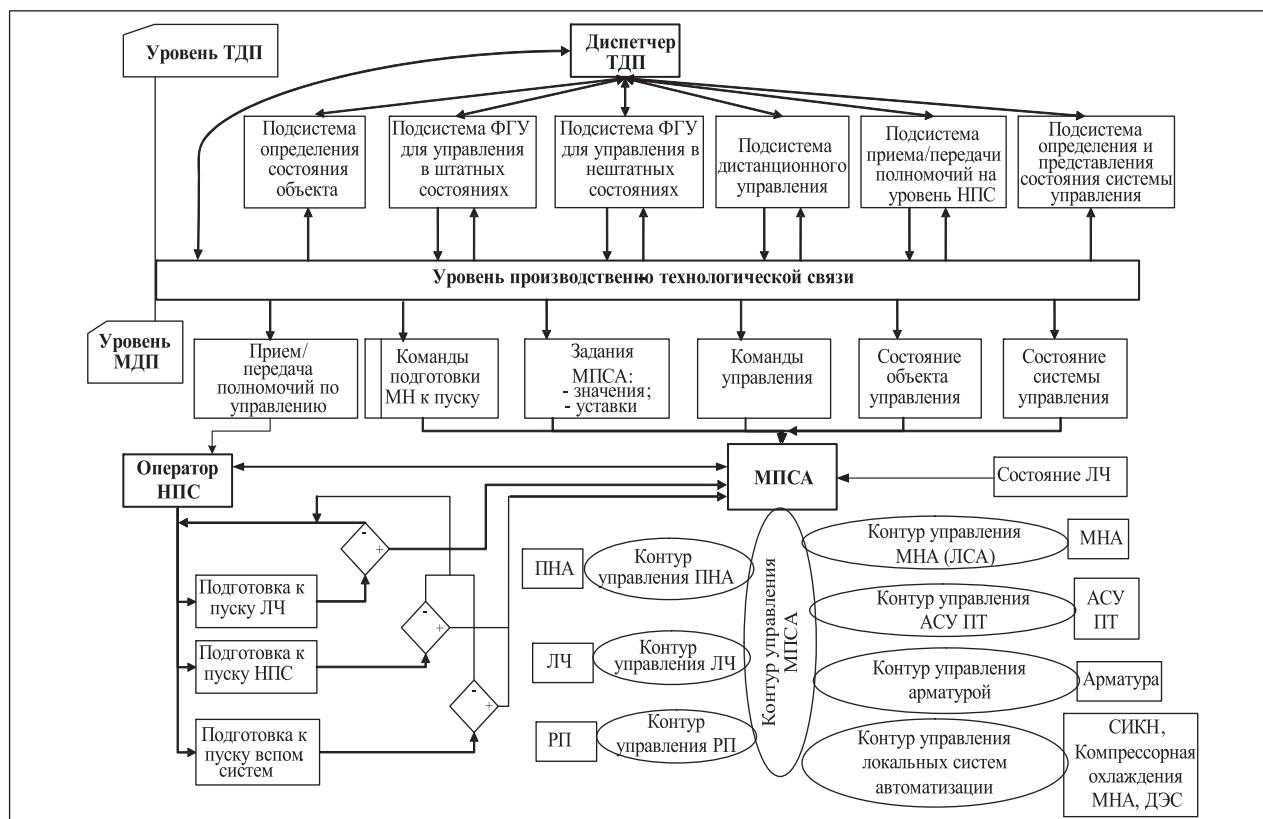


Рис. 5. Архитектура функциональных подсистем средств управления

• автоматический ввод и вывод сигнализации.

Каждый шаг алгоритма ФГУ представляется правилом реализации шага:

**Номер шага:** «ЕСЛИ {Условие № 1 выполнения шага = выполнено И Условие № 2 выполнения шага = выполнено И ... И Условие № K выполнения шага = выполнено},

**ТО** {Действие = Сформировать управляющее воздействие на исполнительный механизм № K ИЛИ Действие = Выдать команду управления № L ИЛИ Действие = Информация о «ходе» выполнения алгоритма ИЛИ Действие = выдача сигнализации о состоянии},

где: {Условие № K выполнения шага} – множество логических условий, описывающих факты завершения предыдущего шага; достижение заданного состояния контролируемого параметра (переменной состояния) за заданное время; разрешение диспетчера ТДП на продолжение выполнения прерванного алгоритма ФГУ;

Действие — команда управления **ИЛИ** заданное значение контролируемого параметра **ИЛИ** информация для диспетчера ТДП.

Принципы реализации общего алгоритма ФГУ в ЕСУ на уровнях ТДП–МДП представлены на рис. 6.

Общий алгоритм ФГУ контролирует выполнение заданных условий и исполнение команд. Он же формирует обобщенную информацию о ходе и завершении выполнения логической программы ФГУ, реализующей заданный технологический режим. Информация о ходе работы

алгоритмов ФГУ выдается диспетчеру в виде видеокладов, на которых отображается ретроспектива хода выполнения пошаговых операций и текущее состояние алгоритма ФГУ.

Команды управления в процессе реализации шага управления выдаются лишь при выполнении заданных условий, в число которых входит информация о завершении предшествующего шага или разрешение диспетчера ТДП на продолжение выполнения прерванного алгоритма ФГУ. Выполнение команд и наличие разрешающих условий контролируются по времени. При невыполнении условия завершения процесс приостанавливается до выполнения условия или вмешательства диспетчера, если алгоритмом переключения явно не предусмотрены действия в случае превышения времени ожидания. При этом производится индикация превышения времени переключения и фиксируется соответствующее событие. Пример взаимосвязи алгоритмов ФГУ уровней ТДП и МДП показан на рис. 7.

Средства ФГУ позволяют диспетчеру ТДП или лицам, занимающимся процессом наладки алгоритмов управления, останавливать процесс пошагового управления, осуществлять выбор шага, с которого нужно произвести повторный запуск процесса, а также выполнять необходимое дистанционное воздействие.

Реализация принципов функционально-группового (программно-логического) управления позволяет:

• снизить вероятность ошибочных действий оперативно-диспетчерского персонала при вы-

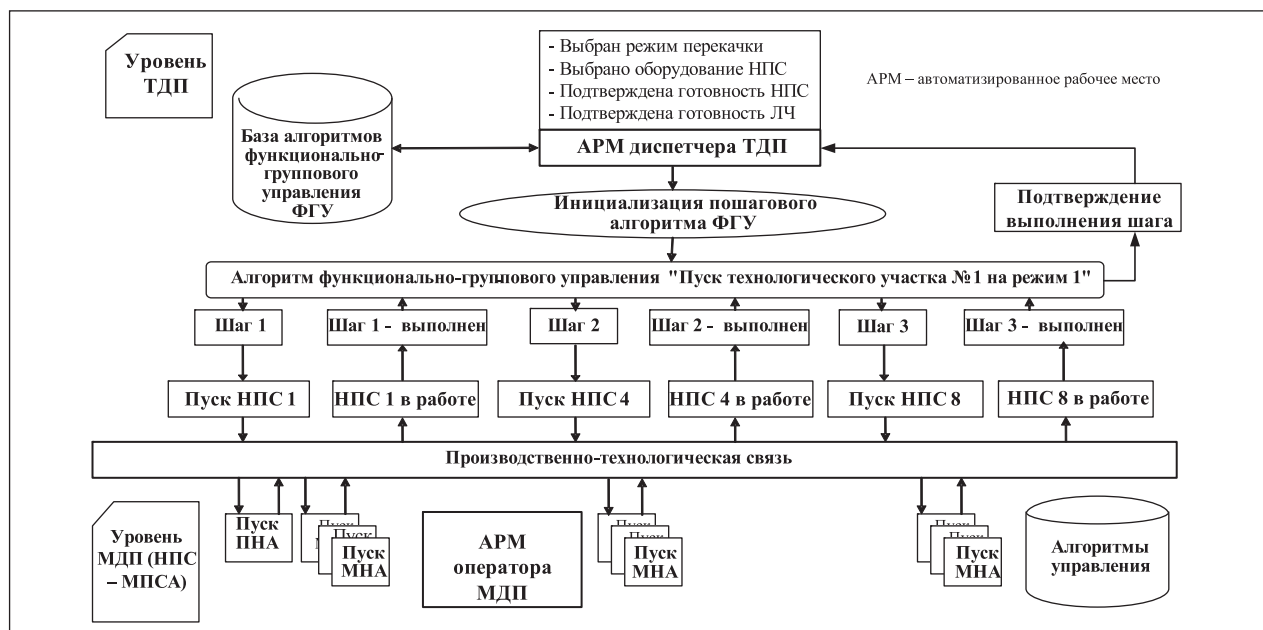


Рис. 6. Принципы реализации общего алгоритма ФГУ в ЕСУ на уровнях ТДП–МДП

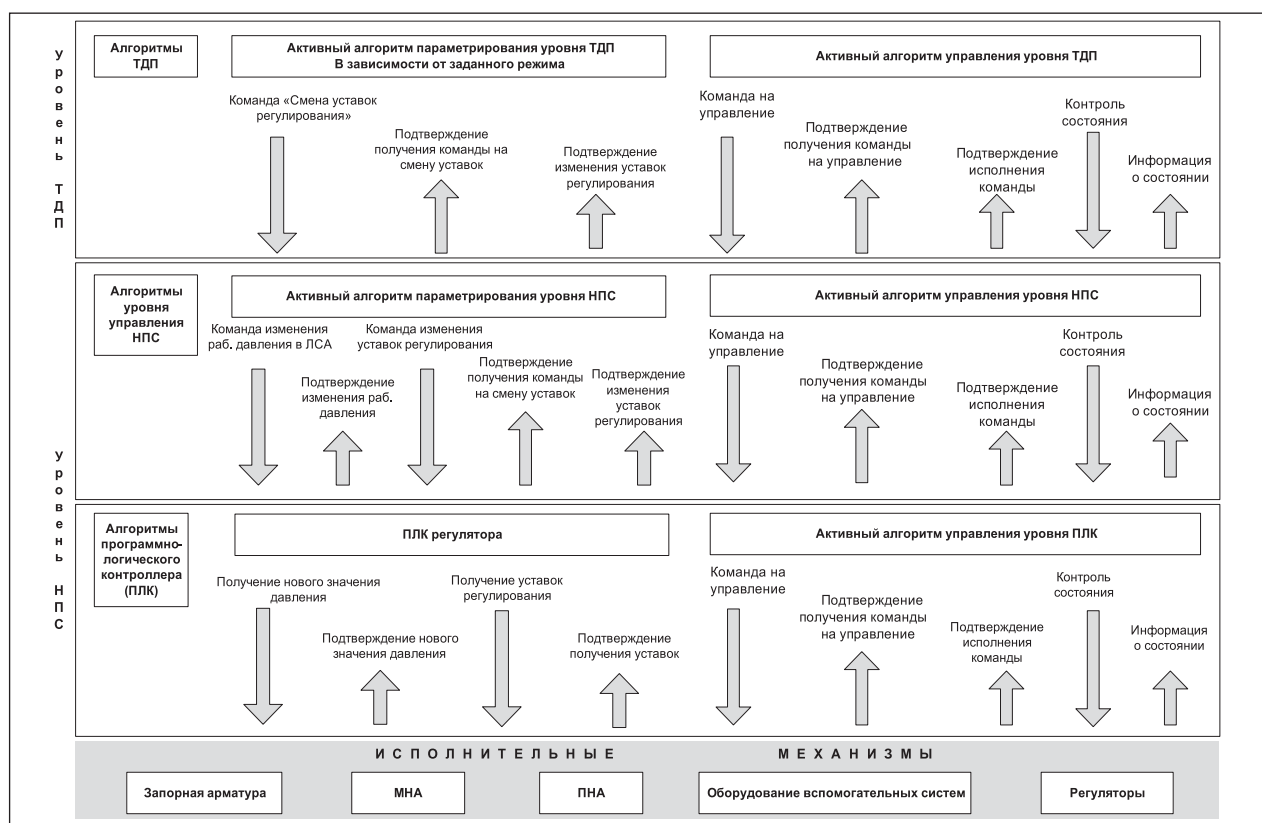


Рис. 7. Пример взаимосвязи алгоритмов ФГУ уровней ТДП и МДП

полнении операций по управлению технологическими объектами трубопроводной системы в штатных и нештатных состояниях;

- оптимизировать управление трубопроводной транспортной системой и снизить затраты времени на смену режима работы технологического объекта.

Информационное пространство средств поддержки принятия решений структурировано по зонам управления и предоставляет диспетчеру ТДП [1]:

- информацию для принятия решений при подготовке к пуску оборудования;
- информацию для принятия решений при задании или коррекции режима функционирования технологии и средств автоматизации;
- сигнализацию отклонений состояния технологического оборудования от штатного режима функционирования;
- образное представление состояния готовности технологии к выполнению режимов эксплуатации, включая оценку готовности технологического оборудования и средств автоматизации к выполнению задаваемого режима управления [2, 3];
- визуализацию стационарных и переходных процессов;

- визуализацию исполнения «шаговых» алгоритмов управления;
- визуализацию нештатных состояний объекта управления;
- визуализацию результатов моделирования, прогнозирования и ретроспективного анализа технологического процесса.

Архитектура средств информационной поддержки диспетчера в ЕСУ, которые включают широкоформатные экраны образного представления состояния МН и автоматизированные рабочие места (АРМ), представлена на рис. 8.

Базовый образ состояния ТС ВСТО представляется на трех экранах коллективного пользования (ЭКП) и включает отображение:

- состояния готовности технологии к реализации управляющей деятельности диспетчера ТДП (левый экран);
- состояния стационарных и нестационарных процессов в МН (центральный экран);
- состояния выполнения шаговых алгоритмов управления ФГУ (правый экран).

Кроме того, на экраны образного представления выводится сигнализация об отклонениях от заданного режима перекачки и информация о передаче полномочий по управлению на уровень МДП.



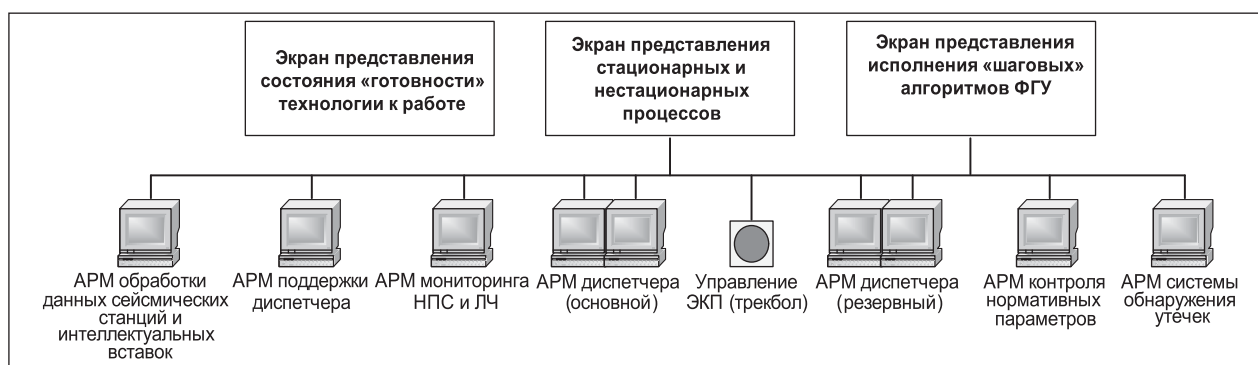


Рис. 8. Архитектура средств информационной поддержки диспетчера в ЕСУ

Далее перечислены функции информационной поддержки принятия решений, которые реализуют автоматизированные рабочие места диспетчерского персонала.

**Функции АРМ диспетчера ТДП (основного и резервного):**

- прием диспетчером команд из ЦДП;
- настройка ЕСУ на заданный ЦДП режим;
- пуск ЕСУ, настроенной на заданный ЦДП режим;
- оперативный мониторинг и анализ готовности оборудования технологических участков трубопроводной транспортной системы к управлению в автоматическом режиме по заданному алгоритму;
- управление технологическим участком трубопроводной транспортной системы в автоматическом режиме (пуск трубопровода на заданную производительность, перевод магистрального трубопровода из одного стационарного режима в другой, остановка магистрального трубопровода и т. д.);
- индикация процесса исполнения алгоритмов ФГУ при выполнении операций в автоматическом режиме с возможностью приостановки, возобновления и полной остановки алгоритма;
- навигация по информационной модели ТС ВСТО;
- отображение мнемосхем уровня ТДП;
- оповещение о тревогах и событиях уровня ТДП;
- отображение графиков, гистограмм и таблиц параметров;
- отображение хронологии изменения данных уровня ТДП;
- отображение и печать отчетов уровня ТДП;
- передача/прием полномочий по управлению на уровень МДП.

**Функции АРМ информационной поддержки диспетчера включают:**

- прогнозирование процесса перекачки нефти и представление результатов прогнозирования с использованием динамической математической модели МН;
- контроль сходимости фактически измеренных величин давлений на линейной части ТС ВСТО (гидравлического уклона) с результатами математического моделирования режима работы МН. Диагностика состояния основного технологического оборудования ТС ВСТО по результатам анализа отклонения гидравлических характеристик;
- отображение фактически измеренного гидравлического уклона и рассчитанного в результате математического моделирования МН;
- представление результатов прогнозирования, контроля и диагностики.

К функциям АРМ контроля нормативных параметров относятся:

- отображение обобщенного образа отклонений нормируемых переменных от нормативных величин;
- навигация по обобщенному образу отклонений нормируемых переменных от нормативных величин;
- отображение отклонений нормируемых переменных для каждой НПС от нормативных величин.

**Функции АРМ мониторинга НПС и ЛЧ:**

- отображение мнемосхем уровня НПС, ЛЧ и СМНП;
- навигация по информационной модели НПС, ЛЧ и СМНП;
- оповещение о тревогах и событиях уровня НПС, ЛЧ и СМНП;
- поддержка диалога с диспетчером ТДП;
- отображение хронологии изменения данных уровня НПС, ЛЧ и СМНП.

**Функции АРМ системы обнаружения утечек** включают:

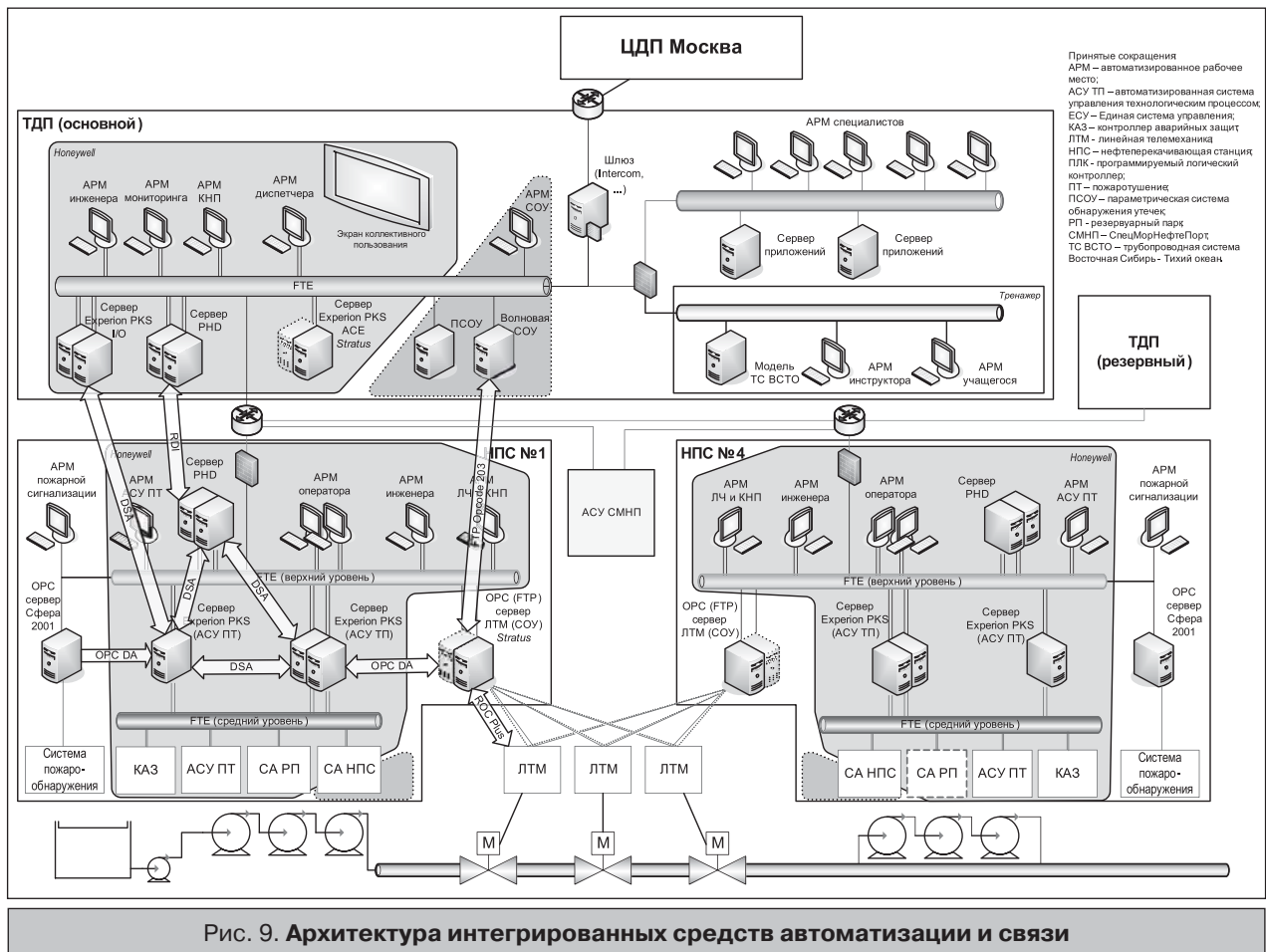


Рис. 9. Архитектура интегрированных средств автоматизации и связи

- обнаружение утечек и определение их местоположения;
- сигнализацию в случае нарушения герметичности МН;
- конфигурирование (настройку) системы обнаружения утечек;
- просмотр и анализ прошедших ситуаций.

**К функциям АРМ обработки данных сейсмических станций и интеллектуальных вставок относятся:**

- отображение данных сейсмомониторинга МН на картографической подложке;
- сигнализация по результатам обработки данных сейсмомониторинга МН;
- отображение состояния интеллектуальных вставок на картографической подложке;
- сигнализация по результатам анализа состояния интеллектуальных вставок.

Архитектура интегрированных средств автоматизации и связи представлена на рис. 9. Для реализации ЕСУ в качестве программно-аппаратной платформы были выбраны средства, производимые фирмой Honeywell.

Таким образом, разработанные проектные решения по системе автоматизации и средствам управления ТС ВСТО обеспечивают заданную степень надежности работы МН в системе управления, надежность человеко-машинного управления режимами функционирования нефтепровода с помощью средств информационной поддержки принятия решений оперативно-диспетчерским персоналом. Также организация программно-логического управления режимами функционирования МН, за счет сведения к минимуму количества «ручных» операций, позволяет повысить надежность процессов многорежимного управления.

### Литература

1. Башлыков А. А. Ситуационная полиэкранная система информационной поддержки принятия решений для управления состоянием сложных, экологически опасных объектов и технологий. Тезисы докладов конференции «Ситуационные центры – решения и проблемы. Взгляд экспертов». — М.: ПОЛИМЕДИА, 2002. — С. 36–37.

2. Башлыков А. А., Ильинский А. Н., Шумилин В. Ю. Интеллектуальная информационная система реального времени, основанная на знаниях, для поддержки принятия решений при управлении сложными объектами. — Труды международной научно-технической конференции «Новые информационные и управляющие системы АЭС: аспекты безопасности». — Харьков, 2005. — С. 41–45.
3. Башлыков А. А., Ильинский А. Н. MULTIWINDOWS — программные средства создания мультиоконной системы представления информации на экранах коллективного пользования для интеллектуальных систем оперативной информационной поддержки принятия корпоративных решений. Интеллектуальные системы и технологии. Т. 3. — М.: МИФИ, 2004. — С. 163–164.

A. A. Bashlykov, M. A. Lygin, S. F. Drozhzhinov, A. V. Chernikin  
**Project of Oil-Trunk Pipeline Integrated Control System**

*Approach to oil-trunk pipeline integrated control system (ICS) development is considered. By the example of Eastern Siberia – Pacific Ocean (ESPO) oil pipeline organization of ICS is given. The foundations of scheme and implementer structure of programmable logic controller and information support device are stated.*

**Keywords:** oil-trunk pipeline, integrated control system, dispatching station, functional distribution control, control law, dispatcher information support.

## Вниманию авторов!

### Требования к оформлению и представлению материалов для публикации

1. К статье должны быть приложены реферат (не более 10 строк) и список ключевых слов на русском и английском языках.
2. Объем статьи не должен превышать 15 страниц, включая таблицы, список литературы и подрисовочные подписи.
3. Материалы для публикации должны быть представлены в двух видах: текст, набранный в программе Microsoft Word на листах формата А4, распечатанный на принтере; дискета или компакт-диск с тем же текстом (файлы формата DOC или RTF), можно также прислать статью по электронной почте. Рисунки представляются в формате EPS или TIFF (300 dpi, CMYK или grayscale), за исключением рисунков, сделанных в программах Microsoft Office (Excel, Visio, PowerPoint и т. д.), которые представляются в оригинале.
4. Текст статьи должен быть распечатан в двух экземплярах через два интервала на белой бумаге формата А4. Слева необходимо оставлять поля шириной 4–5 см. Страницы должны быть пронумерованы.
5. Графическая информация представляется в черно-белом виде (за исключением фотографий). Дублирование данных в тексте, таблицах и графиках недопустимо.
6. Графический материал должен быть выполнен четко, в формате, обеспечивающем ясность всех деталей. Обозначение осей координат, цифры и буквы должны быть ясными и четкими. Необходимо обеспечить полное соответствие текста, подписей к рисункам и надписей на них.
7. Простые формулы следует набирать как обычный текст, более сложные — с использованием редактора формул программы MS Word. Нумеровать нужно формулы, на которые имеются ссылки в тексте. В то же время нежелательно набирать формулы или величины, располагающиеся среди текста, с помощью редактора формул.
8. При выборе единиц измерения необходимо придерживаться Международной системы единиц СИ.
9. Список литературы приводится в конце рукописи на отдельном листе, в тексте указываются только номера ссылок в квадратных скобках, например [2]. Оформление библиографии должно соответствовать ГОСТ 7.1–76.
10. В начале статьи нужно указать полное название учреждения, в котором выполнена работа. Статья должна быть подписана всеми авторами.
11. К статье должны быть приложены следующие сведения: фамилия, имя и отчество (полностью), место работы, а также полный почтовый адрес (с индексом), адрес e-mail и номера телефонов каждого автора, нужно указать также адрес для переписки и контактный телефон.

## Новый подход к совершенствованию технологий мониторинга процессов и качества продукции с использованием нанотагов ближнего ИК-диапазона

А. Х. Купцов, Т. В. Арбузова  
ООО «Объединенный центр исследований и разработок»

*Рассмотрены возможности совершенствования технологий спектрального контроля качества нефтепродуктов в ближнем ИК-диапазоне (БИК) с использованием кодирующих маркеров, содержащих хромофоры ближнего ИК-диапазона. Получены Фурье-БИК спектры 473 образцов бензинов с различных АЗС, нефтебаз, НПЗ. На основе референтных данных построены хемометрические модели прогнозирования ряда параметров.*

*Показано, что блочное построение хемометрических моделей со связанными спектральными базами данных образцов нефтепродуктов отдельных НПЗ, распознаваемых с помощью кодирующих композиций, позволяет повысить точность и надежность прогнозирования и создать унифицированную систему контроля качества нефтепродуктов в дистрибутивных сетях. Предложены области применения кодирующих маркеров для экспресс-идентификации с определением содержания присадок в бензинах и дизельных топливах, установлением целостности или степени разбавления топлив, а также подход к применению данных маркеров для фотоиндуцированной коррекции некоторых нефтехимических процессов.*

**Ключевые слова:** спектральный контроль качества нефтепродуктов, кодирующие маркеры, хемометрические модели, контроль технологических процессов.

Одним из ключевых моментов на пути создания высокотехнологичных автоматизированных производств с интегрированными системами искусственного интеллекта является мониторинг в реальном времени процессов в реакционных средах на уровне молекулярной структуры и состава. В частности, именно такой мониторинг потоков и технологических процессов нефтепереработки позволяет формировать стабильно высокое качество нефтепродуктов в процессе их производства, а не только определять соответствие его требуемым параметрам. Однако далеко не все методы молекулярного анализа, информативные и эффективные в лаборатории, могут быть использованы в промышленности. Положительно отличаются в этом плане оптические методы, особенность которых заключается в том, что длина прозрачности оптоволокон в видимом диапазоне измеряется километрами. Однако классические методы оптической спектрофотометрии нефти и нефтепродуктов малоинформативны ввиду слабовыраженных диффузно-широких полос поглощения на фоне светорассеяния, хотя имеются работы с анализом производных таких спектров [1, 2]. Более информативен классический метод инфракрасной спектроскопии, который является стандартным для заводских лабораторий. Однако очень короткий (порядка 10 мкм) анализируемый оптический путь и сложная оптика создают трудности при использовании данного метода в поточном

анализе. Кроме того, длина прозрачности халькогенидных ИК-оптоволокон ограничивается несколькими метрами. Следует отметить, что созданы отечественные технологии, позволяющие получать более длинные и прозрачные в области «отпечатков пальцев» оптоволокна из поликристаллических галогенидов серебра. Однако практически эти технологии реализуются с участием зарубежных партнеров [3, 4, 5] и пока ограничиваются длиной прозрачности до 10 м, что сопряжено с установкой ИК-спектрометров, имеющих горячие источники излучения (до 1000°C), в непосредственной близости к взрывопожароопасным объектам.

Одним из наиболее быстроразвивающихся методов контроля качества продуктов и процессов их производства в нефтяной, химико-фармацевтической и других отраслях промышленности является метод оптоволоконной Фурье-спектроскопии в ближнем ИК-диапазоне [6, 7], т. е. в диапазоне составных и обертонов валентных (С, N, O)-Н колебаний. Развитию данного метода способствуют превосходство в длине прозрачности оптоволокон по сравнению со средним ИК-диапазоном, исключение необходимости подготовки проб и целый ряд других важных преимуществ. В частности, стоимость проведения анализа ниже, чем у традиционных хроматографических методов ввиду отсутствия необходимости в расходных материалах и растворителях, регулярных замен колонок и их пере-

калибровки, системах отбора и доставки проб, утилизации отработанных материалов. Более быстрый по сравнению с хроматографией спектральный опрос датчиков по сети оптоволокон позволяет осуществлять не только традиционный входной и выходной контроль качества, но и мониторинг потоков с определением целого ряда показателей. Такой мониторинг аналогичен ряду анализаторов во всех точках опроса. Это достигается первоначальной калибровкой системы хемометрических моделей по данным соответствующих референтных методов, после чего система позволяет быстро получить результат с аналогичной точностью.

Благодаря вышеперечисленному, применение оптоволоконных БИК-анализаторов при малом сроке их окупаемости эффективно как на различных стадиях переработки нефти, так и в особенности при компаундировании бензинов. Более того, достигается экономия дорогостоящих октаноповышающих добавок, а также времени и ресурсов благодаря отсутствию отклонений при измерении показателей качества.

Критическим звеном данного метода контроля является грамотное ведение и оптимизация хемометрических моделей по накопленным данным с целью обеспечения точности и устойчивости прогнозирования. Эту проблему на НПЗ решают дополнительной калибровкой системы в случае поступления на переработку существенно отличающегося сырья. Существуют сложности использования наработанных на НПЗ спектральных баз данных и калибровочных хемометрических моделей для контроля качества товарных нефтепродуктов в сетях их распределения (АЗС, нефтебазы, терминалы). Имеется положительный зарубежный опыт аналогичного применения передвижных Фурье-БИК-спектрометров со специальными оптоволоконными датчиками, которые позволяют контролировать подлинность фармацевтических препаратов сквозь флаконы и блистеры. Мобильные лаборатории уже применяются для контроля качества нефтепродуктов на АЗС за рубежом (например, в Казахстане).

Однако БИК-технология пока еще до конца не усовершенствована и не лишена недостатков. Во-первых, по БИК-спектрам невозможно идентифицировать ключевые минорные компоненты, например дорогие присадки к моторным топливам. Во-вторых, БИК-диапазон менее информативен по сравнению со средним ИК диапазоном, дифференциация различных нефтепродуктов является более сложной задачей, чем в случае среднего ИК-диапазона. В-третьих, при всех

преимуществах методов колебательной спектроскопии, невозможно создание универсальной хемометрической модели прогнозирования параметров качества в необходимых рамках точности. На практике каждое нефтеперерабатывающее предприятие, применяющее БИК-анализаторы, создает свои калибровочные модели, привязанные к региональным особенностям качества сырья и технологии его переработки. Но для построения системы внутрикорпоративного или внешнего аудита сетей поставок товарных нефтепродуктов наряду с базами данных необходимо создание и внедрение сигнальной системы, которая распознается БИК-спектрометрами и автоматически выбирает специализированные калибровочные модели.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 27 февраля 2008 г. утвержден Технический Регламент, допускающий добавление в топлива меток и красителей. Целью настоящей работы является разработка подходов к совершенствованию технологий мониторинга с использованием многоцелевых маркеров и предложенных нами кодирующих композиций [8] (нанотагов\*). Нанотаги позволяют при использовании тех же БИК-анализаторов и оптоволоконных сетей компенсировать указанные выше недостатки и решать сразу несколько задач:

- определять концентрацию ценных присадок;
- служить средством идентификации, определения подлинности и обнаружения степени разбавления, защиты от подделок нефтепродуктов и их упаковки;
- служить сигнальной системой для автоматизированного применения соответствующих специализированных хемометрических моделей с более точным определением параметров качества.

Далее рассмотрена возможность создания программируемых блочных хемометрических моделей с помощью введения нанотагов в нефтепродукты. Структурная формула бактериохлорина представлена на рис. 1, а, дифталоцианина — на рис. 1, б. Растворы бактериохлорина и дифталоцианина готовили в бензинах Аи 95 марки Премиум, а также в эквивалентной смеси бензина и бутанола (бактериохлорин) и из концентрата в бензоле (дифталоцианин). Спектры сильно разбавленных растворов регистрировали в кюветах с оптической длиной пути 1 см. Более концентрированные растворы анализировали в цилиндрических ампулах внутренним диаметром 3 мм или кюветах 1 мм. Спектры регистриро-

\*От английских nano tag (нано-ярлык, нано-паспорт).

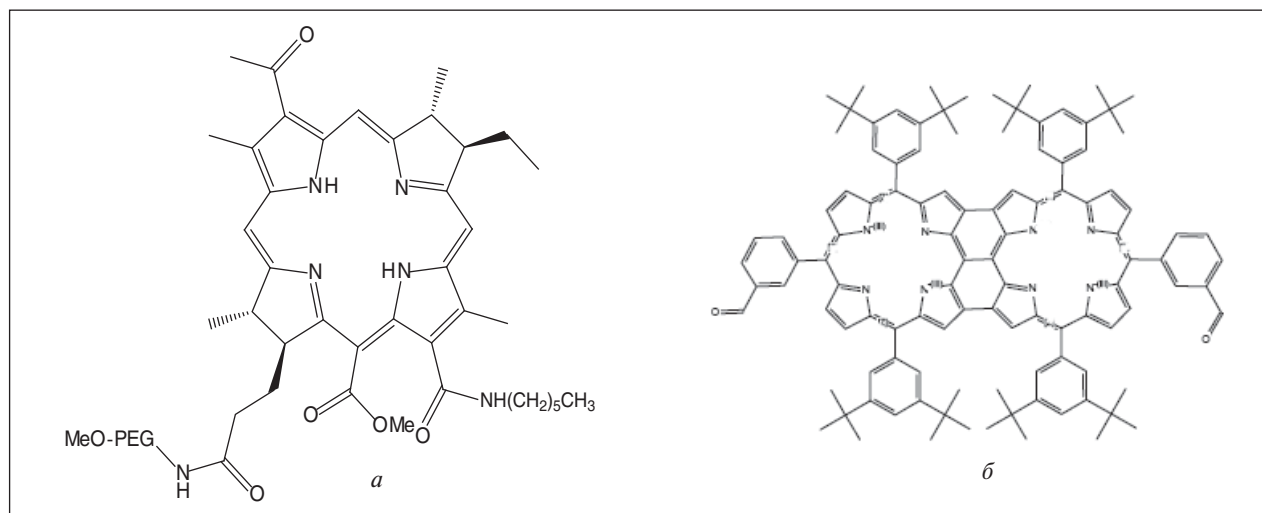


Рис. 1. Структура бактериохлорина (а) и дифталоцианина (б)

вали на Фурье-БИК спектрометре МРА фирмы Bruker (Германия) в стандартной комплектации и с дополнительным оптоволоконным кабелем длиной 1,5 м и трансмиссионным датчиком с зазором 3 мм, а также на Фурье-спектрометре Nexus фирмы Thermo-Nicolet (США). Диапазон регистрации — 15000–4000 см<sup>-1</sup> в режиме пропускания при спектральном разрешении 8 см<sup>-1</sup> и усреднении 32 интерферограмм. Спектры поглощения в видимом и части БИК-диапазона регистрировали на приборе «Lambda 900» фирмы Perkin-Elmer (США). Обработку БИК спектров производили с помощью пакета программ OPUS 6. 5, включающего программы количественного анализа Quant 1 и 2.

В работе методами Фурье-спектроскопии ближнего ИК-диапазона параллельно со значительным рядом стандартных анализов в лаборатории ЮРД-Центра были исследованы 144 образца товарных бензинов и 41 образец дизельного топлива с АЗС Москвы и Московской области. Также проводили спектральные исследования 155 образцов бензинов и 49 образцов дизельных топлив с НПЗ Самары, Москвы и Сызрани и ГПЗ Астрахани, и 174 образцов газоконденсатных бензинов, поступающих в Международную аналитическую лабораторию Брукер в ИОХ РАН.

Проверку эффективности подхода к мониторингу параметров качества проводили на примере кодирующих маркеров, представляющих собой как отдельные компоненты (бактериохлорин или дифталоцианин), так и их смеси, а также удобные для защиты упаковки антистоксовые люминофоры и другие содержащие редкоземельные элементы хромофоры.

Современные Фурье-БИК спектрометры перекрывают достаточно широкий диапазон от 15000 до 3500 см<sup>-1</sup>. На рис. 2 показаны типичные спектры поглощения бензинов Аи 95 в этом диапазоне. В интервале 3800–5000 см<sup>-1</sup> лежат полосы составных тонов с валентными СН-колебаниями, в интервале 5000–7400 см<sup>-1</sup> — первые обертона валентных СН-колебаний и первые обертона составных тонов, а в интервале 8000–9000 см<sup>-1</sup> — обертона второго порядка. Наиболее оптимальной и практичной для построения калибровочных моделей является область от 9000 до 4500 см<sup>-1</sup>, где при толщине поглощающего слоя, равной 3–7 мм, интенсивность полос поглощения лежит в оптимальном динамическом диапазоне до 1,5 единиц оптической плотности. В коротковолновой части БИК диапазона ниже 10000 см<sup>-1</sup> существенно ослабляются интенсивность и информативность спектров и по этой причине он часто не используется\*. Эта область использовалась для исследования БИК-хромофоров.

Спектры растворов бактериохлорина, имеющего самый длинноволновый максимум поглощения в области около 13324 см<sup>-1</sup> (750,5 нм), даже при его концентрациях порядка 50 ppm сравнимы по интенсивности с поглощением среды в области 9000–4500 см<sup>-1</sup>. Следы бактериохлорина обнаруживаются при его концентрациях в несколько ppm, а при использовании концентрирующих патронов Диапак, как показали измерения, могут обнаруживаться и при концентрациях на два порядка меньше. Следует отметить, что экстинкция бактериохлорина в полярной среде на порядок выше, чем в неполярной, поэтому его

\*Либо используется с датчиками, имеющими более длинный (около 1 см и более) оптический путь, в многоканальных дифракционных БИК-анализаторах с кремниевыми ПЗС матрицами в качестве детекторов.

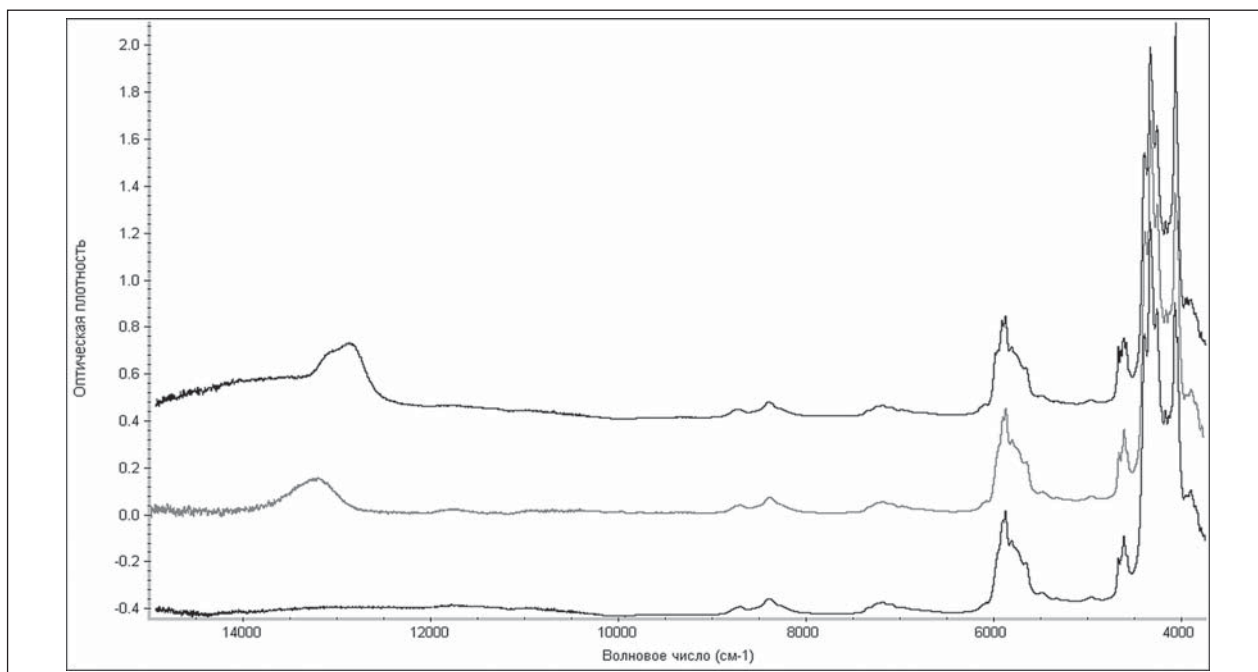


Рис. 2. Фурье-спектры ближнего ИК-диапазона различных бензинов Ai 95 марки Премиум без добавления маркеров (нижняя кривая), с добавлением дифталоцианина (средняя кривая), с добавлением бактериохлорина (верхняя кривая)

выгоднее использовать в биотопливах: биоэтаноле, биобутаноле, либо их смесях с бензином. Производные фталоцианинов (в частности дифталоцианин) обычно имеют в несколько раз более высокую экстинкцию.

Исследованные БИК-хромофоры, благодаря наличию полиэтиленоксидной цепи в бактериохлорине и большому количеству *трет*-бутильных заместителей в дифталоцианине, показали полную растворимость в бензинах в широком диапазоне концентраций, химическую нейтральность, стабильность, отсутствие агрегации, выпадения в осадок или всплывания на поверхности в виде пленок в течение полугодовых испытаний при различных температурах (от комнатной до  $-20^{\circ}\text{C}$ ) при концентрациях хромофоров около 1 промилле. В рабочем диапазоне концентраций (менее 100 ppm) бактериохлорин и дифталоцианин бесцветны, не содержат металлов и серы, экологически безопасны и отвечают требованиям Технического Регламента.

Благодаря отсутствию поглощения бактериохлорином и дифталоцианином в диапазоне  $9000\text{--}4500\text{ см}^{-1}$ , в котором строились калибровочные модели, влияния их малых добавок на прогнозируемые параметры не наблюдалось. Построение хемометрических моделей проводили с помощью программы Quant 2.

На рис. 3 показана модель прогнозирования содержания бензола в бензине. В соответствии

с БИК-спектром бензола были заданы ограничительные интервалы для оптимизации моделей:  $4010\text{--}4130$ ,  $4520\text{--}4740$  и  $5880\text{--}6190\text{ см}^{-1}$ . Данные по содержанию бензола в исследуемых бензинах были получены хроматографией по ASTM D 3606. Полученная после предварительной обработки спектров (спектры центрированы по шкале ординат, см. рис. 3) модель в диапазоне концентраций  $0,2\text{--}1,9\%$  об. дает довольно малую ошибку прогнозирования  $\text{RMSEP} = 0,044$  (согласно ГОСТ Р 51930–2002 на измерения методом ИК-спектроскопии в среднем диапазоне она не должна превышать 0,1) и показывает высокий коэффициент определения

$$R^2 = (1 - \frac{\sum(Y_i^{\text{pred}} - Y_i^{\text{true}})^2}{\sum(y_i - y_m)^2}) \cdot 100 = 98,75.$$

Поскольку БИК-спектр бензола не подвержен вариациям, построение прогностических моделей, достаточно устойчивых к вариациям состава бензинов, не составляет принципиальных затруднений, хотя именно флуктуация фона является основным источником ошибки. Аналогична ситуация и с определением в БИК-диапазоне оксигенатов, для которых также существует ГОСТ Р 52256–2004 на средний ИК-диапазон. Несколько сложнее определение суммарных ароматических углеводородов. В диапазоне концентраций по ГОСТ Р 52063 от  $2,7\%$  до  $43,9\%$ , включая дизельные топлива, получена стандартная ошибка прогнозирования  $\text{RMSEP} =$



Рис. 3. Хемометрическая модель прогнозирования содержания бензола в бензинах: вверху — серия предварительно обработанных спектров с известными концентрациями бензола и график прогнозируемых значений концентрации против соответствующих приготовленным; внизу — спектр поглощения бензола в ближнем ИК-диапазоне, полученный вычитанием из спектра его раствора в бензине полос поглощения бензина

1,3 при коэффициенте  $R^2 = 98,68$ ) хотя для ароматических углеводородов тоже есть фиксированные области поглощения. Но, к сожалению, на этом список «беспроблемных» калибровочных моделей практически исчерпывается.

Большая часть представляющих интерес интегральных параметров моторных топлив, таких как октановые и цетановые числа, плотность, температуры выкипания, вспышки, фильтруемости, застывания и др. определяется общим молекулярным составом. Ввиду его многообразия сложно создать точные и универсальные модели, хотя для ограниченных множеств могут быть получены удовлетворительные калибровки. При этом для получения точной и устойчивой модели необходима также максимально широкая вариация переменных с целью правильного построения векторов главных компонент. Это требование не выполнялось полностью для температурных параметров, поскольку для бензинов 80 и 98 референтные данные давали значения температур, при которых испаряется фиксированный объем, а для бензинов 92 и 95, наоборот, определялся объем выкипания при фиксированных температурах. Наряду с неоднородностью составов товарных бензинов с АЗС это служило одной из причин плохой корреляции и низкой точности прогноза начальных температур кипения.

Согласно имеющимся техническим данным от производителей БИК-анализаторов, коэффициент корреляции укладывается в пределы от 0,4 до 0,7. Поскольку демонстрационные данные получают на НПЗ при постоянном качестве сырья и технологиях его переработки, такие параметры вполне реалистичны. Отметим, что при спектральных исследованиях фракций перегонки отдельных нефтей, полученных в аналитической лаборатории на установке EuroDist, в целом обнаруживается хорошая корреляция спектральных параметров с температурными показателями. Сводные данные по полученным параметрам хемометрических моделей предсказания приведены в таблице.

Так, оптимальная модель прогнозирования плотности бензинов была получена для 144 исследованных образцов бензинов в результате предварительной обработки спектров с использованием первой производной с коррекцией множественного рассеяния в диапазоне СН-обертонов второго порядка (см. рис. 4, а). На рис. 4, б показан график корреляции предсказанных моделью и измеренных стандартным методом по ASTM D 4052 значений плотности. В диапазоне 715–775 кг/м<sup>3</sup> референтных данных коэффициент корреляции составил  $R^2 = 99,64$ , а стандартное отклонение кросс-валидации  $RMSECV = 0,588$ , что



**Сводные данные по параметрам хемометрических моделей**

Показатель	Количество образцов	Диапазон	R <sup>2</sup>	Коэффициент корреляции	Ошибка прогнозирования
<i>Бензины с АЗС</i>					
Октановое число (по исследовательскому методу)	144	80–98	99,73	0,9987	0,303
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	144	715–775	99,64	0,9982	0,588
Содержание, % об.					
бензола	93	0,2–1,9	98,75	0,9947	0,0442
суммарных ароматических углеводородов	65	2,3–43,9	98,68	0,895	1,43
МТБЭ*	18	2–16,5	99,66	0,99	0,135
ТАМЭ*	14	1,5–18,5	97,51	0,98	0,278
ЭТБЭ*	12	2–17	99,26	0,99	0,279
этанол*	13	1,5–10	99,2	0,99	0,044
метанола*	12	1,5–5,5	89,55	0,90	0,137
трет-бутанола*	12	2–12	99,54	0,99	0,168
Пределы кипения, °С**					
н.к.	45	31,5–40,5	10,89	0,33	1,41
10% об.	45	48,5–62,0	85,79	0,927	1,33
50	45	80–113	96,27	0,982	1,66
90	45	152–178	92,25	0,961	1,49
к.к.	138	189,5–209	37,44	0,616	3,4
Выкипает, % об., при температуре, °С***					
70	89	23–37	65,76	0,811	1,68
100	89	46–53	82,69	0,909	0,883
150	89	83–89	21,29	0,467	1,88
<i>Бензины с НПЗ Самары</i>					
Октановое число (по исследовательскому методу)	48	80–95	99,95	0,99	0,117
<i>Бензины с НПЗ Сызрани и ГПЗ Астрахани</i>					
Октановое число (по исследовательскому методу)	85	80–99	99,87	0,99	0,222
<i>Все бензины, включая прямогонные и газоконденсатные</i>					
Октановое число (по исследовательскому методу)	473	60–101	98,14	0,97	0,849
Октановое число (по исследовательскому методу)	<i>Требования ISO 5164</i>				0,30
<i>Дизельные топлива с АЗС</i>					
Пределная температура фильтруемости, °С	32	(–43)–(–6)	97,01	0,986	1,7
Выкипает, % об., при температуре, °С					
250	26	35–42,5	32,9	0,595	1,6
350	26	89–95,5	66,15	0,814	1,04
Температура выкипания 95% об., °С	26	347–371	56,72	0,758	3,34
Температура вспышки, °С	32	35–69	94,01	0,973	1,85
Содержание суммарных ароматических углеводородов, % об.	18	2,3–43,9	98,68	0,895	1,43

\* Получено в среднем ИК-диапазоне по ГОСТ Р 52256–2004;

\*\* Для бензинов Нормаль 80 и Супер 98;

\*\*\* Для бензинов Регуляр 92 и Премиум 95.

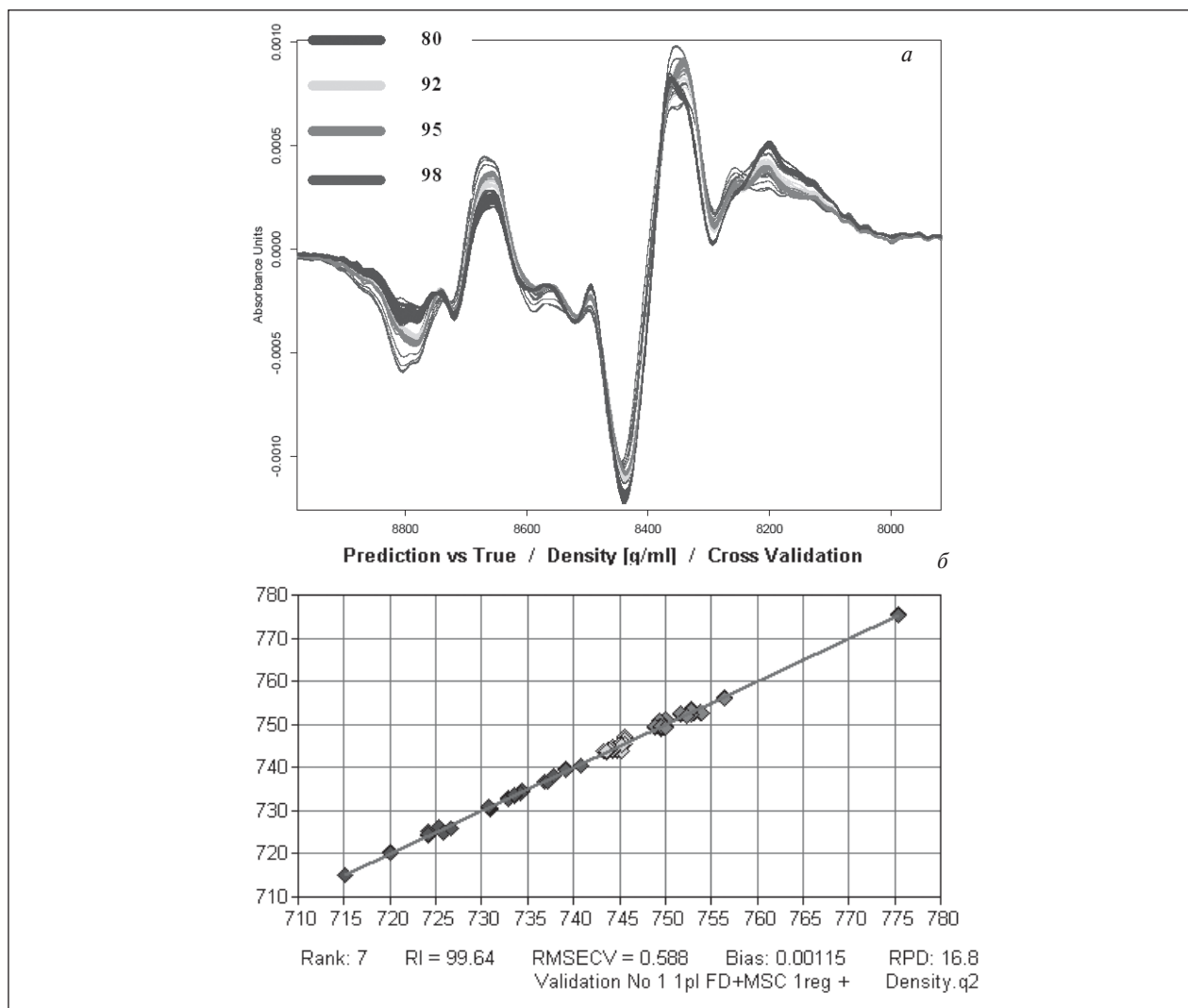


Рис. 4. Хемометрическая модель прогнозирования плотности бензина при 15°C: *a* – серия предварительно обработанных спектров с известными значениями плотности; *б* – график прогнозируемых значений плотности против измеренных по стандартному методу

говорит о достаточно высоком качестве модели. Из графика хорошо видно, что наиболее однородны по параметру плотности бензины Регуляр 92, наибольшие вариации характерны для бензинов Супер 98 и Нормаль 80.

Аналогичные кривые и графики для прогнозирования октановых чисел по исследовательскому методу показаны на рис. 5.

Из таблицы видно, что прогнозируемые величины октановых чисел бензинов с АЗС почти укладываются в требования ISO 5164, тогда как для общей модели по всем изученным типам бензинов ошибка выходит за допустимые пределы. При этом ошибка прогнозирования по бензинам с отдельного НПЗ Самары составляет 0,117, а  $R^2 = 99,95$ . Даже по смешанным спектральным базам данных бензинов с двух предприятий ошибка прогнозирования составляет 0,222.

Неоднородность по составам бензинов (особенно Супер 98) с АЗС хорошо видна на дендрограмме кластерного анализа и в координатах векторов главных компонент (векторов счета на рис. 6). Процедуры вычленения подклассов и создания блочных моделей позволяют повысить точность прогноза. Однако невозможно создать объективный критерий построения таких блоков для обучения системы искусственного интеллекта с целью автоматизации подобных процедур. Данная проблема решается внедрением кодирующих композиций, которые распознаются анализаторами и сигнализируют системе о подключении того или иного хемометрического блока или автоматической оптимизации модели на слиянии баз данных двух блоков. В частном случае, это может быть распознавание с помощью нанотагов смеси бензинов двух НПЗ с быстрым

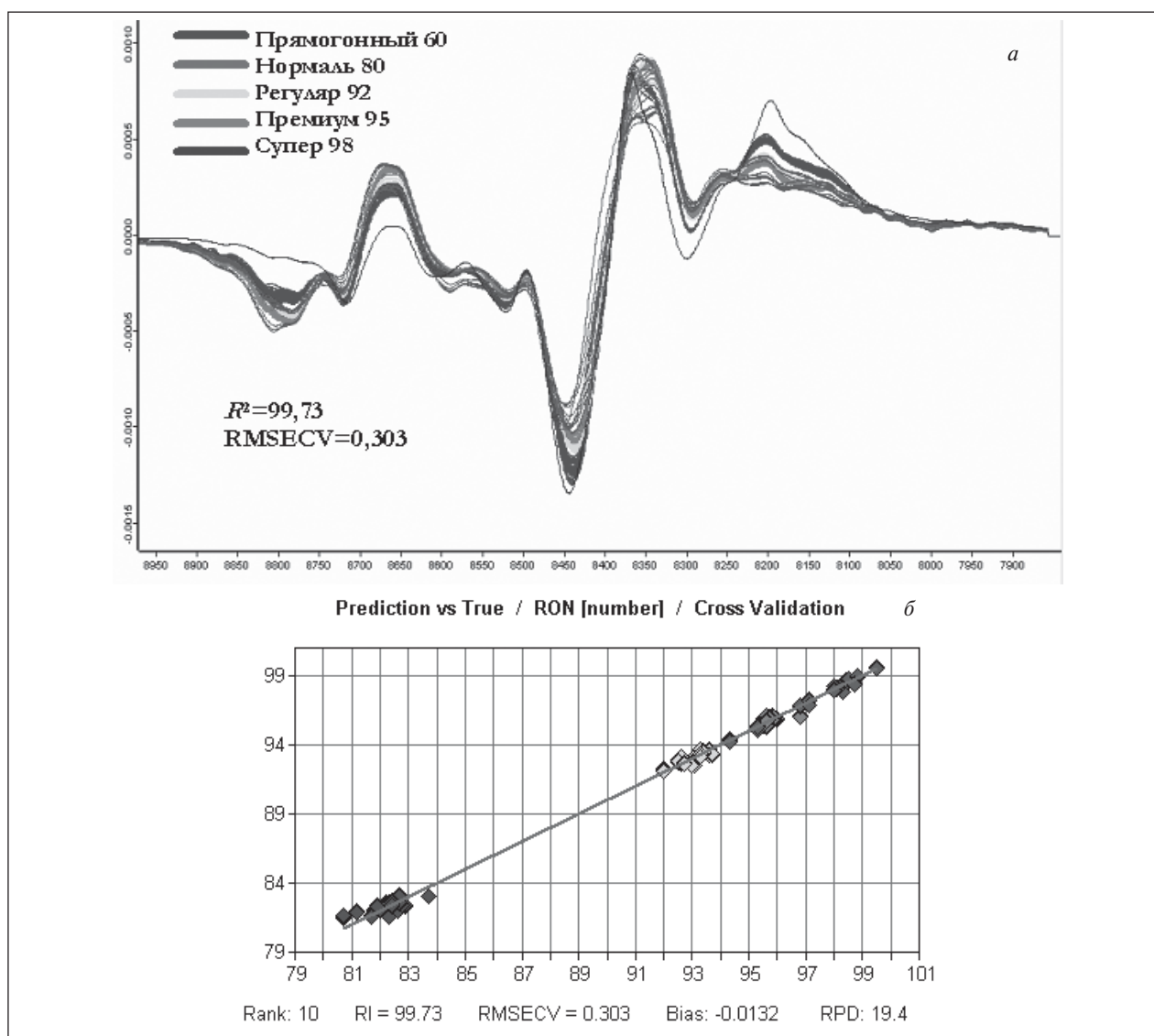


Рис. 5. Хемометрическая модель прогнозирования исследовательского октанового числа: *a* — серия предварительно обработанных спектров с известными значениями октановых чисел по исследовательскому методу; *б* — график прогнозируемых значений исследовательского октанового числа против измеренных на октанометре Waukesha

созданием оптимизированной модели для двух баз данных, которая, как показали результаты, может хорошо укладываться в требуемые пределы точности прогноза.

Доступные БИК-хроморофы позволяют равномерно и плотно перекрыть диапазон ниже  $10000\text{ см}^{-1}$  (или  $9000\text{ см}^{-1}$ ) до коротковолнового края чувствительности БИК-анализатора и использовать отдельные компоненты (либо известные соотношения в смеси), например, для идентификации присадки или производителя и применения соответствующего блока хемометрической модели (или слияния блоков). Концентрация БИК-хроморофов может служить мерой разбавления товарных нефтепродуктов.

На основе подобного метода предлагается запатентованная в РФ система контроля подлинности, целостности (контроль разбавления) и качества товарной продукции в дистрибуции до конечного потребителя.

Отметим, что добавление в нефтепродукты маркера одновременно и количественно с присадкой может служить удобным инструментом экспресс-анализа содержания последней. Количественное определение присадок в бензинах часто является непростой задачей даже в лабораторных условиях, зачастую при этом требуется упаривание, количественный срыв с дальнейшим анализом. Для присадок в дизельных топливах и маслах подобные процедуры еще

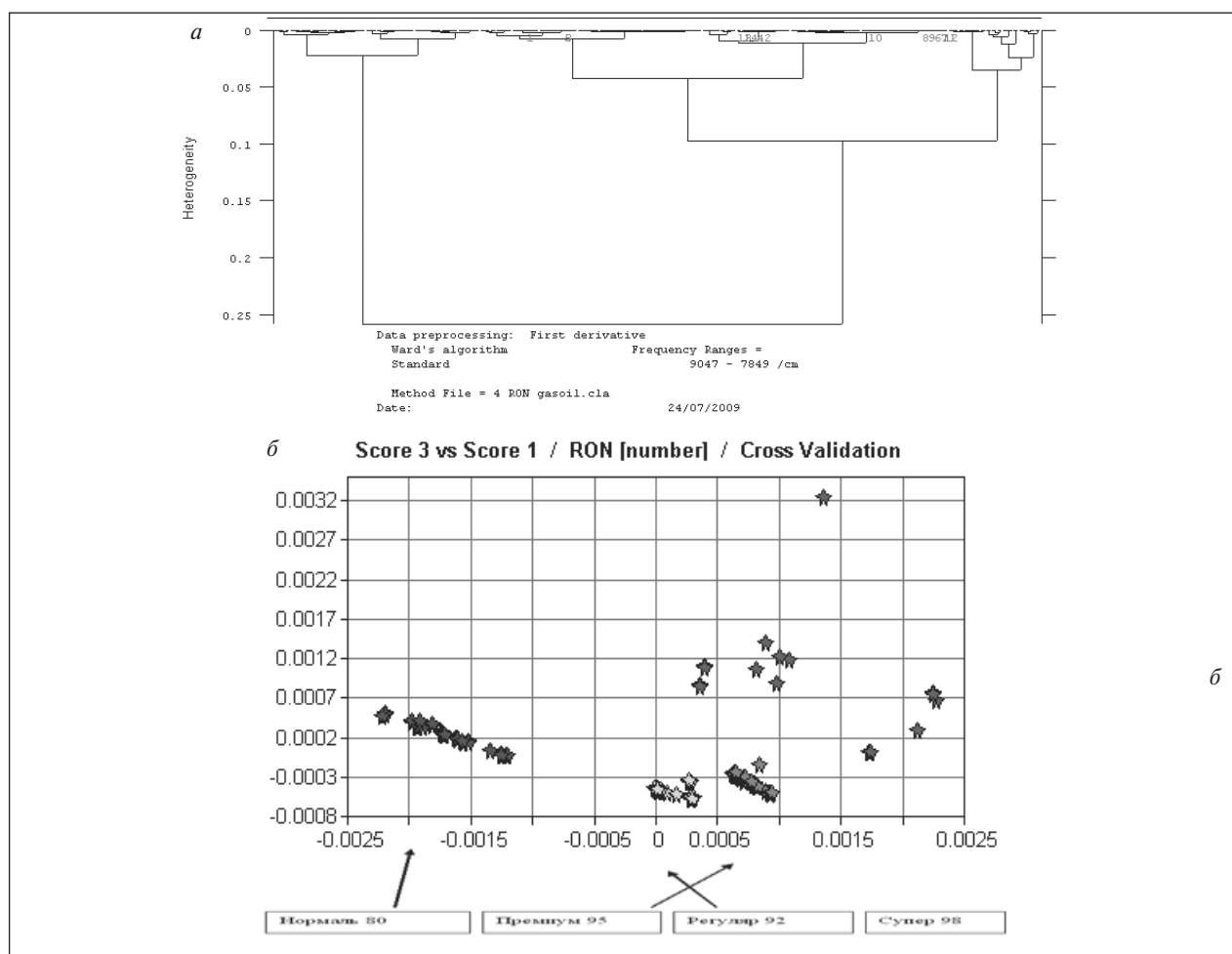


Рис. 6. Кластеризация товарных бензинов с АЗС в виде дендрограммы (а) и в координатах векторов главных компонент (б) (вектор счета 3 против вектора счета 1)

более усложняются. Авторами изучались методы прямого количественного определения присадки ЭКО-1 в дизельных топливах, которые показали низкую точность и ненадежность. В то же время, структуры бактериохлорина и дифталоцианина хорошо и нейтрально смешиваются с присадкой, что позволяет использовать их БИК-поглощения для указанных целей.

Повысить информативность мониторинга можно, используя те же оптоволоконные сети БИК-диапазона, но применяя также спектроскопию флуоресценции или комбинационного рассеяния (КР). Областям применения метода Фурье-КР спектроскопии БИК диапазона для анализа фракций перегонки нефти, включая тяжелые фракции и остатки, будет посвящена отдельная статья. Возможность анализа как БИК-поглощения (отражения), так и одновременно поглощения и люминесценции флуорофоров БИК-диапазона на примере антистоковых люминофоров показана на рис. 7. Для реализации по-

следнего варианта требуется небольшое изменение схемы эксперимента: ИК-лучи направляются не в интерферометр, как в обычных Фурье-БИК спектрометрах, где образец расположен после интерферометра перед детектором, а сразу на образец. Упруго и неупруго (флуоресценция) отраженный полихроматичный свет направляется в интерферометр и затем на детектор. Если облучать образец лазером, а рэлеевское рассеяние отсеять фильтром, то можно получить только чистый флуоресцентный спектр или спектр КР.

Такое комбинирование снимает неоднозначность в изменениях интенсивности флуоресценции, которая зависит и от концентрации флуорофора, и от его квантового выхода, и резонансных тушений последнего. Перестановка входа/выхода оптоволоконных кабелей от схемы «после интерферометра» к схеме «до интерферометра» дешевле схемы, которая реализуется в Фурье-КР модулях. Любой из указанных выше вариантов съемки спектров удобен для про-

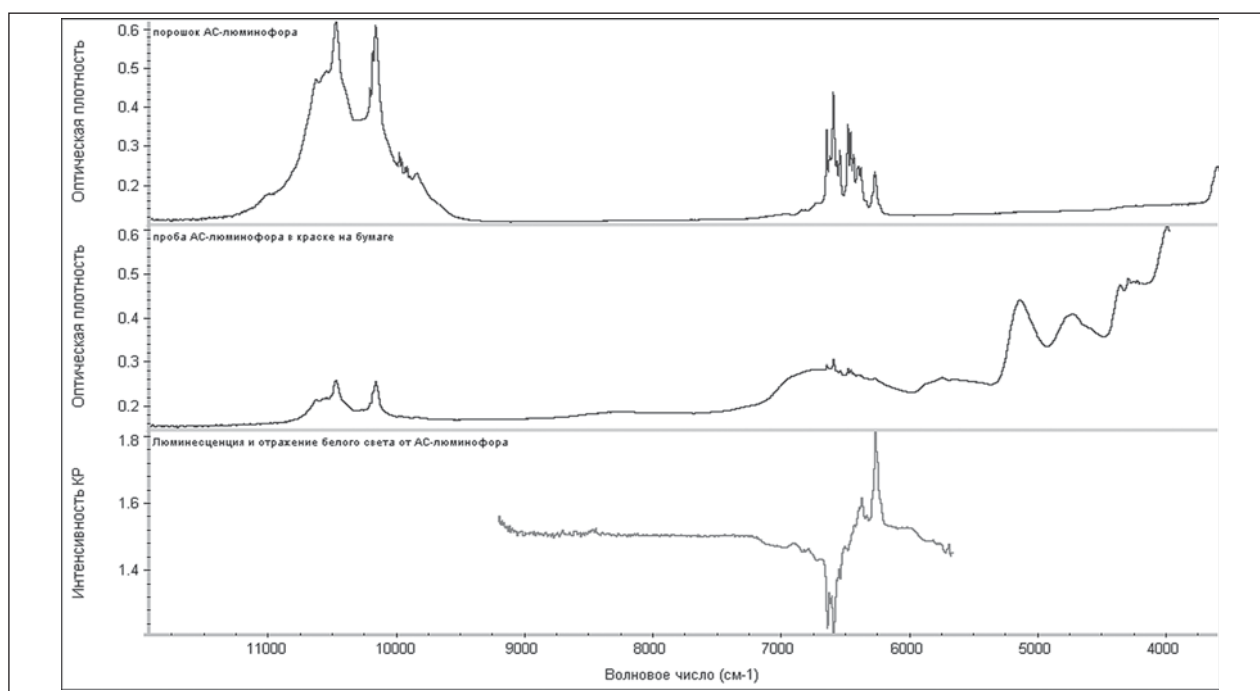


Рис. 7. БИК-спектры поглощения антистоксового люминофора (верхняя кривая), поглощения бумаги с краской, содержащей люминофор (средняя кривая), и смешанный спектр отражения БИК-лучей (нижняя кривая) от анти-Стоксового люминофора (с максимумами, направленными вниз) и люминесценции (с максимумами, направленными вверх). Спектр получен в КР-модуле в режиме с освещением образца полихроматичным светом (белым) при отключенном лазере

верки подлинности упаковки нефтепродуктов, содержащей редкоземельные люминофоры. В частности, такую защиту удобно использовать для установления подлинности и целостности контейнеров с автомобильными маслами.

Кроме того, открывается принципиально важная перспектива не только мониторинга, но и одновременной коррекции некоторых технологических процессов: нанотаги, содержащие лазерные хромофоры БИК-диапазона, могут служить и средством локальной фотоиндуцированной коррекции путем разогрева лазером либо иным источником того или иного ограниченного объема реакционной среды или участка потока. При этом реальную локальную температуру можно отслеживать по соотношению интенсивностей в Стоксовой и антистоксовой частях регистрируемого спектра КР. Преимущество применения тепловых лучей ИК-лазеров обусловлено низкой энергией ИК-квантов, не приводящих к разрушению молекул и образованию радикалов. Кроме того, в отличие от традиционных УФ-меток, хромофоры в ближнем ИК более светостабильны.

В частности, температура существенно влияет на скорость и особенности процессов полимеризации, а также пространственные распределения напряжений структуры в последующих режимах охлаждения. Локальный разогрев позво-

ляет корректировать конечные свойства получаемых полимерных изделий, например, сохранять упругость и другие свойства изделия, локально повысить прочность в узлах крепления.

Такие локальные структурные различия под влиянием разогрева лазерным лучом наблюдались в процессе полимеризации дициклопентадиена. Более подробные данные по контролю и лазерной коррекции процесса полимеризации дициклопентадиена методом Фурье-КР спектроскопии будут рассмотрены в отдельной статье.

Таким образом, введение даже очень малых количеств нанотагов в нефтепродукты позволяет создать автоматически распознаваемые БИК-анализаторами и программируемые блочные хемометрические модели с повышенной точностью и надежностью прогнозирования параметров, идентифицировать товарные нефтепродукты и содержащиеся в них ценные присадки, установить степень возможного разбавления нефтепродуктов, а также проводить фотоиндуцированную коррекцию технологических процессов.

Авторы благодарят профессоров Н. Э. Нифантьева (ИОХ им. Н. Д. Зелинского РАН), Л. Г. Томилову (Химический факультет МГУ) и доцента В. И. Фролова (факультет химической технологии и экологии РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина) за предоставление образцов.

### Литература

1. Ахметов Б. Р., Евдокимов И. Н., Елисеев Н. Ю. Особенности оптических спектров поглощения нефтей и нефтяных асфальтенов // Наука и технология углеводородов. — 2002. — №3. — С. 25–30.
2. Евдокимов И. Н., Лосев А. П. Применение УФ-Видимой абсорбционной спектроскопии для описания природных нефтей // Нефтегазовое дело. — 2007. ???
3. Artjushenko V. G., et. al. Transact. Fiz. Inst. im. P. N. Lebedeva, Akad. Nauk SSSR. — 1988. — V. 15. — P. 3–17.
4. Heise H. M., Kupper L., Butvina L. N. Novel infrared optical probes for process monitoring and analysis based on next-generation silver halide fibers // Anal. Bioanal Chem. -2003. — V. 375. — P. 1116–1123.
5. Artjushenko V. G., Baskov P. B., Fedorov V. D., et. al. Proc. of XIV-th International Symposium on Non-Oxide Glasses. — Nov. 7–12, 2004, Florida, USA.
6. Blanco M., Maspoch S., Villarroya I., et. al. Determination of the penetration value of bitumens by near infrared spectroscopy // Analyst. — 2000. — V. 125. — P. 1823–1828.
7. Blanco M., Coello J., Iturriaga H., et. al. Near-infrared spectroscopy in the pharmaceutical industry. Critical review // Analyst. — 1998. — V. 123. — P. 135R–150R.
8. Пат. РФ № 2254354, 2005.

A. Kh. Kuptsov, T. V. Arbuzova

#### **A New Approach to Processes and Product Quality Monitoring Technique Sophistication Using Nano Tags of Near Infrared Region**

*The possibilities of spectral oil products quality control technique sophistication in near infrared region using coding markers, which contain chromophores of near infrared region are considered. Fourier near infrared spectra of 437 gasoline samples from different gasoline filling stations, bulk plants and refineries were obtained. On the basis of referential data, chemometric models of forecasting of the number of parameters were developed.*

*It was demonstrated, that chemometric models modularization with connected spectral data bases of oil products samples from separate refineries, identifiable with the mean of coding compositions, enables to improve forecast precision and reliability and to develop a unified oil products quality control system in distribution chains. Application fields of coding markers for rapid determination of additive concentration in gasoline and diesel fuel, fuels integrity or dilution rate were offered. An approach to the markers concerned application for photo-induced some petrochemical processes correction was also offered.*

**Keywords:** spectral oil products quality control, coding markers, chemometric models, processes control.

---

### **Вниманию специалистов!**

**Г. Д. Чукин**

#### **НОВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МЕХАНИЗМЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РАСЩЕПЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ НЕФТИ**

Предложено новое определение понятий «кислота» и «основание». Обсуждается единая природа неорганических и органических структур. Даны представления о кислотных и основных центрах и их размещении в структуре слоистых металлосиликатов, алюмосиликатных, цеолитных и алюмоникельмолибденовых гетерогенных катализаторах. С физико-химических позиций рассмотрены механизмы реакций расщепления углеводородов в реакциях крекинга, гидрокрекинга, гидрирования и гидрообессеривания, минуя карбоний-ионный механизм.

**М.: Издательство «Техника», 2008. — 112 с.**

**А. М. Данилов**

#### **ВВЕДЕНИЕ В ХИММОТОЛОГИЮ**

Книга посвящена применению топлив, масел, специальных жидкостей. Приводится обширный справочный материал по их характеристикам и эксплуатационным свойствам. Изложены принципы создания и эксплуатации двигателей.

Книга адресована широкому кругу читателей.

**М.: Издательство «Техника», 2003. — 464 с.**

## Перспективы применения биотоплив и интенсификация получения сырья для их производства

А. В. Назаров, Ю. Н. Киташов, А. М. Ильинец  
РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина  
ЗАО «ОРВ-технологии»

*Рассмотрено состояние производства биотоплив в России и мире, а также проблемы, препятствующие успешному развитию этого направления. Описаны инновационные отечественные разработки — технология обменных резонансных взаимодействий (ОРВ) и кавитационная технология, применение которых позволяет существенно снизить затраты на производство биотоплив, что делает их более конкурентоспособными на топливном рынке.*

**Ключевые слова:** биотопливо, энергоэффективность, обменные резонансные взаимодействия (ОРВ), кавитация.

Возобновляемые источники энергии в отдаленной перспективе займут основную долю в энергообеспечении населения Земли. Биотоплива, являющиеся переходной ступенью на пути к водородной энергетике, возможно, уже в ближайшее время будут широко использоваться вместо традиционных углеводородных топлив. Мировой экономический кризис отчасти затормозил процесс развития биотопливного направления благодаря низким ценам на нефтяное сырье. Вместе с тем, события, связанные с перебоями поставок российского газа в Европу, способствовали поиску альтернативных источников энергии, сравнительно независимых от рыночных и политических рисков по причине использования местного сырья. Согласно недавнему решению правительства Украины, намечены инвентаризация источников биотоплив и создание льготных условий для их производства. По Директиве ЕС доля возобновляемых источников сырья в производстве моторных топлив будет повышаться с 8% в 2010 г. до более 10% в 2020 г., а к 2030 г. до 12%; процентное содержание биодобавок в моторном топливе к 31 декабря 2010 года увеличится до 5,75% [1]. По данным экспертов, в 2007 году мировые инвестиции в технологии получения энергии из возобновляемых источников составили более 60 млрд. долл., причем значительные средства в разработку процессов производства биотоплив вкладывают крупные компании энергетического сектора: BP, Shell, Total и др.

Помимо твердых биотоплив (дрова, пеллеты), наибольшее распространение в настоящее время получили биогаз, биоэтанол и биодизель.

Биогаз получают анаэробным брожением биомассы в ферментаторах (метантенках) при температуре 34–37°C в течение 20–40 суток. Он содержит метан (55–75%), углекислый газ

(25–45%) и незначительное количество примесей ( $H_2$  и  $H_2S$ ). Выход биогаза значительно зависит от состава сырья и изменяется от 60 м<sup>3</sup>/т при переработке навоза крупного рогатого скота до 500 м<sup>3</sup>/т в случае использования свежей травы и 1300 м<sup>3</sup>/т при переработке жиров. Биогаз используется для получения тепловой или электрической энергии, а после дополнительной очистки может применяться либо непосредственно в качестве автомобильного топлива, либо для получения диметилового эфира, используемого в дизелях.

Производство биогаза широко распространено в европейских странах и в Азии. В Китае, преимущественно в сельских районах, эксплуатируются более 18 млн. установок различной мощности. В Дании биогаз составляет до 18% энергопотребления страны. В Западной Европе не менее половины всех птицеферм отапливаются биогазом.

Производство биогаза позволяет решить проблему утилизации биомассы и снизить неконтролируемые выбросы метана в атмосферу, тем самым уменьшая парниковый эффект. Источником биогаза могут являться также свалки мусора с большим содержанием органических отходов. В этом случае говорят о получении «свалочного газа».

Производство биогаза в России на текущий момент развито слабо, хотя к этому направлению энергетики предьявляется определенный интерес. Так, на Курьяновских очистных сооружениях впервые в Москве введена в эксплуатацию мини-ТЭС мощностью 10 МВт, использующая в качестве топлива биогаз.

Биотехнологические способы получения другого газообразного биотоплива — водорода — основаны на переработке биомассы с помощью водородообразующих микроорганизмов или производстве водорода определенными

видами водорослей при недостатке в воде серы и кислорода. Такие технологии на сегодняшний день характеризуются низкой энергоэффективностью и находятся на стадии разработки. Термохимический метод переработки биомассы, например пиролиз древесных отходов, позволяет при 500–800°C без доступа кислорода получить смесь водорода, метана и оксида углерода.

Начало применения жидких биотоплив в двигателях внутреннего сгорания можно отнести к концу 19 века, когда растительное масло и этиловый спирт стали использоваться в первых конструкциях двигателей Дизеля и Отто. В тот период цены на углеводородные топлива и биотоплива были сопоставимы. Их конкуренция продолжалась с переменным успехом вплоть до XXI века, причем кризисы и войны повышали интерес к биотопливам.

В качестве топлив или их компонентов часто используют метиловый, этиловый и в последнее время бутиловый спирты. Наибольшую долю в производстве топлив занимает этиловый спирт, технологии получения которого хорошо отработаны. Сырьем синтеза биоэтанола являются чаще всего растения, содержащие значительное количество сахаров, крахмала или целлюлозы. Сахар и крахмал перерабатывают в этанол брожением, а целлюлозу — при гидролизе биомассы.

В последнее время в Европе наметилась тенденция использования для получения биоэтанола вторичного сырья — бумажных, древесных отходов, пластика и т.п. В этом случае речь идет о биотопливах второго поколения.

Что касается метанола, то его высокая токсичность и склонность к образованию паровых пробок делают перспективы его использования в качестве топлива или добавки к автомобильным бензинам сомнительными.

Уже сейчас производство биобутанола по современным технологиям дешевле и проще процессов получения биоэтанола. По физико-химическим свойствам бутанол наиболее близок к бензину и может успешно использоваться как октаноповышающая добавка в больших концентрациях либо в чистом виде без необходимости изменения конструкции двигателя. Сырье и технология получения биобутанола и биоэтанола примерно одинаковы. Российская корпорация «Биотехнологии» считает перспективным производство биобутанола 2-го поколения из возобновляемых непищевых источников сырья — опилок, соломы и торфа. Первая в мире опытная партия этого топлива была выпущена на Тулунском гидролизном заводе в Иркутской области.

Мировыми лидерами производства биоэтанола являются Бразилия и США, причем темпы роста биоэтанольного направления в США значительно выше, чем в других странах. В этой стране законодательством предусмотрено довести производство биоэтанола до 227 млрд. литров к 2030 г. В Бразилии в настоящее время более 40% автотранспорта используют спирт в качестве топлива, а стоимость тонны этанола сопоставима со стоимостью нефти. В Евросоюзе значительное увеличение объемов производства биоэтанола наблюдается в Испании, Франции, Германии и Италии. Из бывших советских республик это энергетическое направление активно развивается в Украине и Казахстане.

В России имеются огромные резервы для производства биоэтанола — 20 млн. гектаров свободной пашни, около 700 млн. тонн ежегодно образующихся твердых бытовых отходов и отходов животноводства, значительный объем лесозаготовок. Помимо этого, имеется более 40 гидролизных заводов, построенных в советский период. Основным препятствием для развития биоэтанольного направления является отечественное законодательство в области производства спиртосодержащей продукции. В соответствии с ФЗ «О государственном регулировании производства и оборота спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции» бензин, содержащий более 1,5% спирта, является спиртосодержащей продукцией, что влечет за собой обязательность лицензирования его производства и оборота. Согласно НК РФ, этиловый спирт, в том числе денатурированный, облагается акцизом, что делает его введение в состав моторных топлив экономически неоправданным. В то же время, в техническом регламенте, утвержденном Правительством РФ в феврале 2008 г. «О требованиях к бензинам, дизельному топливу и отдельным горюче-смазочным материалам» оговорено использование биоэтанола в количестве до 5% объема топлива. Бензин со спиртовой добавкой с учетом акциза будет значительно дороже базового бензина, а без акциза — дешевле на 1–2 руб. Очевидно, что существующая законодательная база в области производства и применения биоэтанола требует пересмотра, поскольку она не позволяет в полной мере получить положительный эффект от развития промышленности и сельского хозяйства, а также от создания новых рабочих мест в дотационных регионах.

Указанная проблема ведет к поиску альтернативных путей применения биоэтанола с ориентацией на экспорт или использования его



в качестве сырья для получения синтетического бензина и водородсодержащего газа для топливных элементов [2]. Выход синтетического бензина составляет около 30%, он не содержит серы, в его составе преобладают ароматические углеводороды (около 90% об.). Октановое число такого бензина по исследовательскому методу составляет почти 100 ед., но из-за высокого содержания ароматических углеводородов он может использоваться только в качестве компонента автобензинов или как сырье для нефтехимии.

В то же время, в апреле 2008 г. крупнейшие компании в области разработки новых технологий получения биотоплив (Amyris — США) и распределения этанола (Crystalsev — Бразилия) объявили о совместной программе выпуска биотоплива нового поколения из сахарного тростника, которое может использоваться как в карбюраторных, так и в дизельных и реактивных двигателях [3]. Синтез нового вида топлива основан на ферментативных процессах. Процесс можно вести на существующих установках по получению этанола после проведения небольшой краткосрочной малозатратной модификации. По утверждению разработчиков, новое биотопливо полностью совместимо с существующими двигателями и топливной инфраструктурой, а по качеству превышает традиционные нефтяные топлива.

Особое место в ряду биотоплив занимает диметиловый эфир (ДМЭ), который используется в дизельных двигателях. Он может быть получен из метана, угля и метанола. ДМЭ сжигается при небольшом давлении, имеет высокое цетановое число (более 55), не содержит серы и ароматических углеводородов и вследствие этого соответствует современным экологическим требованиям. Для использования данного топлива возможно применение оборудования, которое необходимо для эксплуатации автомобилей на пропан-бутановой смеси. При работе дизельных двигателей на ДМЭ практически отсутствует дымность, а содержание  $\text{NO}_x$  в дымовых газах снижается в 3–4 раза. Отрицательными качествами ДМЭ являются недостаточно высокие смазывающие и герметизирующие свойства.

Другим видом биотоплив, применяемым в дизелях, является топливо, получаемое переэтерификацией масел или жиров метиловым, этиловым или изопропиловым спиртами при атмосферном давлении и температуре 60°C в присутствии гидроксидов калия или натрия. После проведения переэтерификации эфиры очищают от избытка спирта и примесей. Био-

дизельные топлива на основе масел с большим содержанием полиненасыщенных жирных кислот, прежде всего линолевой и линоленовой, отличаются недостаточной химической стабильностью, что является одной из главных проблем их использования. Однако топлива на основе рапсового масла относительно устойчивы к окислению и полимеризации, в связи с чем, а также благодаря хорошей урожайности рапса в условиях Европы, он занимает основное место среди масличных культур, предназначенных для получения биодизельных топлив в этом регионе. Лидером в области производства и потребления биодизельных топлив в Европе является Германия, на долю которой приходится более половины от общего объема выпуска этих топлив.

В тропических странах с жарким климатом большое распространение получило пальмовое масло, которое имеет высокую температуру застывания, поэтому применяется только в смеси с другими компонентами.

В последнее время активно ведутся работы по использованию определенных культур водорослей для получения технических масел [4]. В естественных условиях такие водоросли хорошо растут в районах Гавайи, Калифорнии, Нью-Мексико и др. Однако их можно культивировать и в средней климатической зоне в специальных прудах, используя избыточное тепло предприятий, например электростанций. Если выход масла из рапса составляет в среднем 1200 л/га, то из водорослей — 95000 л/га. Использование водорослей вместо традиционных масличных культур, наряду с их высокой продуктивностью, имеет еще одно преимущество, о котором часто забывают. Площади, занятые под сырье для получения биотоплив, подвержены биодеградации, т.к. рапс, подсолнечник, кукуруза выносят из почвы значительное количество питательных веществ, поэтому плодородие необходимо поддерживать внесением повышенных доз удобрений. Очевидно, что водоросли лишены этого недостатка. Из биомассы водорослей, помимо масел, можно получать биогаз и этанол. В процессе жизнедеятельности водоросли используют углекислый газ, что дает возможность проводить очистку биогаза или дымовых газов тепловых электростанций. Недостатком получаемых из водорослей масел является значительное содержание полиненасыщенных жирных кислот и, как следствие, их невысокая химическая стабильность.

Несмотря на достоинства производства и применения биотоплив: возобновляемое сырье, хорошую биоразлагаемость, высокие цета-

новое число биодизеля и антидетонационные свойства спиртов, повышенную смазывающую способность, меньшую токсичность выхлопа, эксплуатация двигателей на таких топливах сопряжена с рядом проблем. Среди них основными являются пониженная теплота сгорания и достаточно высокая коррозионная активность спиртов, вредное воздействие на пластики и резины, расслоение бензино-спиртовых топлив при низких температурах в случае обводненности. Для биодизельных топлив чрезвычайно важными являются проблемы низкой химической и термоокислительной стабильности, а иногда недостаточные низкотемпературные свойства.

По вышеуказанным причинам наиболее вероятно применение биотоплив в виде добавок к топливам на нефтяной основе. Если применение спиртовых топлив в чистом виде требует изменения конструкции двигателей и топливной системы автомобилей, то добавка до 5% спиртов повышает октановое число бензинов и не вызывает существенных проблем в эксплуатации. Тот же подход применяют к биодизельным компонентам, которые можно добавлять в дизельные топлива в количествах до 20%, что позволяет существенно улучшить смазывающие свойства и цетановое число дизельных топлив с ультранизким содержанием серы. Подобное топливо марки В2 допущено в США для использования в двигателях любых грузовых дизельных автомобилей [5].

Следует полагать, что после выхода из кризиса цены на нефть начнут возрастать, хотя маловероятно, что в обозримом будущем они достигнут уровня лета 2008 года. В этих условиях производство биотоплив в странах с умеренным климатом будет сильно зависеть от рентабельности выращивания сырья и самих процессов получения биотоплива. Следует также учитывать, что биотопливное и пищевое направление использования сельскохозяйственной продукции часто конкурируют между собой, что и явилось одной из причин роста цен на продовольствие в 2008 г.

В России доля возобновляемых источников энергии не превышает 1%. Энергетической стратегией России поставлена цель повысить долю возобновляемых источников энергии до 3–5% к 2015 году. Подготовлен ряд законов, стимулирующих производство и применение топлив, в частности выпуск бензинов, содержащих не более 10% биоэтанола из-за юрисдикции ФЗ «О государственном регулировании производства и оборота спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции». На ближайшее время

запланирована реализация более 30 проектов по строительству биотопливных предприятий. Введен в эксплуатацию Казанский масложировый завод мощностью 300 тыс. тонн продукции в год. Намечено строительство крупных предприятий по производству биоэтанола в Омской, Липецкой, Волгоградской областях, на Алтае, в Краснодарском крае и Татарстане. Биотоплива могут быть наиболее востребованы в отдаленных сельских районах или мегаполисах с неблагоприятной экологической ситуацией.

Среди проблем, которые следует решить для успешного развития биотопливно направле- ния, можно выделить следующие:

- Необходимость значительного повышения урожайности сельскохозяйственных культур, которые при переработке дают высокий выход биотоплив, а также поиск новых культур, например маслосодержащих водорослей;
- Стимулирование производства и применения биотоплив на государственном уровне;
- Создание современной системы сбора и переработки бытового мусора, отходов промышленного и сельскохозяйственного производства;
- Повышение рентабельности процессов переработки растительного сырья;
- Адаптация биотоплив к современным двигателям за счет усовершенствования технологий их производства или введения соответствующих присадок. Возможно также изменение конструкции двигателей для работы на биотопливах. При этом желательно, чтобы двигатели могли использовать как традиционные виды топлив, так и биотоплива.

Решения указанных проблем следует искать в области инновационных технологий, позволяющих интенсифицировать как рост биомассы в далеких от оптимальных климатических условиях, так и процессы ее переработки при производстве биотоплив. Например, на современном этапе развития биотехнологии важное значение приобретает интенсификация процесса метанового брожения со снижением капитальных и эксплуатационных затрат. Необходимо увеличение скорости переработки и связанное с этим уменьшение объема реактора получения биогаза, что позволит обеспечить необходимый экономический эффект раньше, чем произойдет уменьшение затрат на комплектующее оборудование, входящее в состав биоэнергетической установки или сокращение его номенклатуры в связи с упрощением установок.

К числу наиболее перспективных энергоресурсосберегающих технологий можно

отнести технологию обменных резонансных взаимодействий (ОРВ), сущность которой заключается в воздействии на объект слабым электромагнитным излучением в режиме резонанса. При этом в качестве генератора электромагнитных волн выступает сам объект. Авторам удалось создать резонатор на основе лент Мебиуса, способный принимать и передавать в пространство электромагнитные волны любой фазы и частоты, что является заметным преимуществом перед классическим резонатором, настроенным на определенную волну. Резонатор открывает возможность направленной интенсификации физико-химических и биологических процессов за счет автоколебательного воздействия на участвующие в процессе атомы и молекулы.

Была разработана малогабаритная мобильная установка, позволяющая в полевых и лабораторных условиях проводить работы по ускорению прорастания семян, роста растений, интенсивному размножению микроорганизмов и дождевых червей, а также интенсификации процессов ферментации, дистилляции и ряда химических реакций. В собранном виде установка легко транспортируется в салоне легкового автомобиля. Ее энергопотребление не превышает 0,5 кВт.

Проведенные с использованием ОРВ-технологии эксперименты показали ускоренное прорастание семян различных сельскохозяйственных культур с усиленным развитием корневой системы. За 50 дней объем корневой системы кукурузы опытных растений, выращенных в лабораторных условиях при воздействии ОРВ, в 10 раз превосходил контрольные образцы. Сроки созревания подсолнечника и кукурузы в полевых условиях сократилось на 14 дней. Урожайность сахарной свеклы в полевых условиях возросла до 30%.

В лабораторных условиях была продемонстрирована интенсификация жизнедеятельности микроорганизмов. Как следствие этого, при

воздействии ОРВ количество дождевых червей за 75 дней увеличилось более чем в 40 раз. При проведении опыта в полевых условиях среднее количество дождевых червей на 1 м<sup>2</sup> возросло в три раза по сравнению с контрольным полем. Причиной этого является интенсивное размножение микроорганизмов, являющихся кормом для дождевых червей.

Следует отметить, что ОРВ-технология позволяет обеспечивать долговременное повышение плодородия почв без применения минеральных удобрений за счет накопления биогумуса, поскольку черви способствуют переводу основных питательных веществ в легкоусвояемую растениями форму.

Таким образом, рентабельность получения биомассы при использовании ОРВ значительно возрастает как за счет снижения затрат на обработку почвы, так и за счет роста урожайности культур.

В процессе испытаний, проведенных в РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина отмечено влияние ОРВ на скорость перегонки жидкостей, которая увеличивалась на 15–20%. Результаты эксперимента представлены в таблице.

Полученные результаты дают возможность интенсификации производства биотоплив, т.к. в процессе их получения широко используется дистилляция.

Наряду с ОРВ, заметный экономический эффект при производстве биодизельных топлив можно получить с помощью кавитационных технологий. Это направление сейчас активно развивают некоторые российские и украинские компании. Применение компактных передвижных кавитационных модулей позволяет в 5–7 раз снизить энергоемкость процесса, в 8–10 раз сократить время получения готового продукта по сравнению с традиционным реакторным способом этерификации. Кроме того, кавитация может успешно использоваться при подготовке сырья процесса ферментации, поскольку в результате кавитационной обработки происходит интенсив-

**Влияние ОРВ на скорость перегонки жидкостей**

Объем перегнанного вещества, мл	Время перегонки вещества, мин.	
	Без ОРВ	Под действием ОРВ
	Ундекан	
50	14,2	12,1
100	26,7	22,2
140	39,3	33,5
	Изопропанол	
50	15,0	12,9
100	29,5	25,4
140	43,7	37,3

ный разрыв клеточных оболочек и активизация последующих процессов.

Таким образом, использование инновационных технологий позволяет при низких затратах значительно увеличить объем сырья для полу-

чения биотоплив, а также интенсифицировать некоторые технологические процессы их производства: ферментацию при получении спиртов и биогаза, а также дистилляцию спиртов и жирных кислот.

### Литература

1. Крылов И. Ф., Емельянов В. Е. Альтернативные моторные топлива. Производство, применение, перспективы // Мир нефтепродуктов. — 2008. — №3. — С. 44–47.
2. Третьяков В. Ф., Лермонтов А. С. и др. Синтез моторных топлив из биоэтанола // Химия и технология топлив и масел. — 2008. — №6. — С. 30–34.
3. Бразильский биодизель: сделано из сахара // OILMARKET. — 2008. — №4. — С. 80–83.
4. Росс М. Ю., Стребков Д. С. Биодизельное топливо из водорослей. — М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. — 252 с.
5. Joest M. US alternative transportation fuels industry // Oil and Gas Journal. — 2000. — V. 98. — P. 64–75.

A. V. Nazarov, Yu. N. Kitashev, A. M. Ilinets

#### Aspects of Biofuel Application and Intensification of their Feed Production

*The article is concerned with the current state of biofuel production in the Russian Federation and in the world. The problems, which prevent successful development of this branch are also conceded. The technologies of exchange resonance interactions and cavitation are described. Employment of technologies involved will cause a significant decrease of expenditure for biofuels production, which will make them more competitive at fuel market.*

**Keywords:** biofuel, energy efficiency, exchange resonance interactions, cavitation.

### Вниманию специалистов!

С. В. Дейнеко

#### ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ГАЗОНЕФТЕПРОВОДОВ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ: ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

В лабораторном практикуме рассматриваются модели расчета надежности технологических элементов газонефтепроводов. Представлены основные этапы построения моделей и этапы компьютерного моделирования для решения задач оценки надежности.

Приводятся описание и примеры использования методов компьютерного моделирования для решения инженерных задач надежности в среде Excel.

Построение моделей объектов проводится на основе реальных статистических данных.

Лабораторный практикум предназначен для студентов, магистрантов и аспирантов специальности 130501 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ» и для инженерно-технического персонала, связанного с оценкой эксплуатационной надежности газонефтепроводов.

**М.: Издательство «Техника», 2007. — 80 с.**

В. А. Казарян

#### ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ И ГАЗОВЫХ КОНДЕНСАТОВ

В книге рассмотрены методы исследования и конструкции приборов для измерения плотности, вязкости и теплопроводности газов и жидкостей в широком диапазоне давлений и температур. Приводится обширный справочный материал по теплофизическим свойствам индивидуальных углеводородов, газовых конденсатов и их фракций.

Книга интересна инженерно-техническим работникам научно-исследовательских институтов и проектных организаций нефтегазовой отрасли.

**М.: Издательство «Техника», 2002. — 448 с.**

---

# Информационные технологии в международном регулировании туристической деятельности

Л. А. Аллахвердиева

Азербайджанский Государственный Педагогический Университет им. Н. Туси

*Рассмотрено влияние туризма на экономику и социальную сферу развивающихся стран, выявлены положительные и отрицательные факторы становления туризма в данных странах.*

*Показаны особенности развития международного туризма в ближайшее время и роль автоматизированных систем управления в этом процессе. Продемонстрированы возможные пути развития туризма в Азербайджане и способы их реализации.*

**Ключевые слова:** международный туризм, развивающиеся страны, автоматизированные системы управления.

Актуальным в настоящее время является анализ современного состояния международного туризма и повышение эффективности развития внутреннего туризма благодаря перераспределению национального дохода, способствующего стабильному положению национальной экономики, более глубокому осознанию общности интересов и развитию видов деятельности, благоприятных для экономики стран-участниц туристической деятельности. Бурное развитие во всем мире электронно-вычислительной техники и внедрение автоматизации в туризм делают его также сферой международных информационных технологий и процессов.

Велика роль международных, региональных и национальных туристических организаций, которые вносят вклад в развитие мирового туризма в рамках отдельных стран и регионов. С социальной точки зрения туризм оказывает значительное влияние на регионы: благодаря развитию туризма появляются сотни тысяч рабочих мест, развиваются коммуникационные системы, повышается культура и грамотность населения и др. Важно отметить, что в ряде регионов, удаленных от промышленных и культурных центров, только туризм может выполнять эти функции.

Положительное влияние туризма на экономику государства происходит лишь в том случае, когда туризм в стране развивается всесторонне, то есть не превращает экономику государства в экономику услуг. Другими словами, экономическая эффективность туризма предполагает, что туризм в стране должен развиваться параллельно и во взаимосвязи с другими отраслями социально-экономического комплекса. Для развивающихся стран международный туризм становится источником валютных поступлений и новых рабочих мест. В то же время, он приносит изменения в традиции региона и природную среду. Проходившие в 90-е годы прошлого

столетия дебаты о целесообразности поддержки международного туризма завершились тем, что международный туризм признан инструментом экономики, применение которого не только приносит стране доходы, но также и определенные проблемы.

Почти все развивающиеся страны понимают целесообразность развития международного туризма. Правительства этих стран при планировании развития туризма должны принимать во внимание экономические, социальные и культурные потребности населения. Особое внимание должно уделяться сохранению окружающей среды, которая является базой туризма и требует индустриального развития.

Можно с уверенностью сказать, что тенденции развития международного туризма носят позитивный характер. Возрастающий интерес туристов к другой культуре, обилие рекламы, доступность информации способствуют увеличению возможностей общения между народами, что позволяет людям лучше понимать друг друга.

Современный туризм также же противоречив, как и происходящие в мире процессы глобализации. Но именно в XXI веке туризм должен стать одним из эффективнейших способов формирования системы общечеловеческих ценностей. Туризм может способствовать формированию единства многообразия мира, в котором «свободное развитие всех — есть условие развития каждого». Основу новой модели глобализации представляет не коммерческий туризм, а социальный, спортивно-оздоровительный и культурно-познавательный. По оценкам экспертов ВТО, дальнейшая глобализация туризма и поддержка национально-самобытного в туризме и культуре в XXI столетии безусловны, они завершат процесс превращения туризма в ведущий комплекс мирового научного и индустриально-культурного развития.

---

С учетом вышеизложенного, представляет интерес внесение обоснованных предложений по повышению эффективности туризма в рамках национальных границ на основе изучения практического опыта зарубежных стран в данной сфере деятельности. В этой связи был проведен анализ процессов глобализации и транснационализации в международном туризме и оценена их роль в его развитии. В данном контексте анализ влияния туризма на развитие международной торговли проводился с помощью теоретического, графического, математического и статистического материала, что обеспечивало наглядность и доступность его восприятия.

Опыт зарубежных стран показывает, что реализация программ развития различных видов туризма оказывает стимулирующее воздействие на такие секторы экономики, как транспорт, связь, торговля, строительство, сельское хозяйство, производство товаров народного потребления, позволяет государству успешно решать вопрос о пополнении доходной части как государственного бюджета, так и бюджетов других уровней.

В Азербайджанской Республике туризм пока не воспринимается как полноправный сегмент экономики и предмет научного анализа. В настоящее время азербайджанская туристическая индустрия переживает период своего становления как самостоятельный сектор хозяйствования. С каждым годом увеличивается потребность в квалифицированных кадрах в области туризма, возникают многочисленные высшие учебные заведения, курсы повышения квалификации и подготовки кадров для туристической деятельности.

Профессиональному образованию в туризме отводится важная роль, поскольку туристическая деятельность является одной из самых трудоемких и выступает как регулятор занятости населения. Учитывая такие характеристики туристского рынка, как изменчивость, возникновение новых тенденций и способов предпринимательства, важно научиться ориентироваться в конъюнктуре и динамике туристского рынка. Только образованный и подготовленный соответствующим образом специалист способен создать конкурентоспособный продукт и реализовать его на рынке туристских услуг.

Поскольку международный туризм является отражением социально-экономических отношений в жизни отдельных стран и одновременно составной частью международных отношений, возникает необходимость применения мер по совершенствованию организации и управления

всем комплексом туристско-экскурсионной деятельности как в рамках отдельных государств, так и на международном уровне.

Несмотря на политический и экономический кризис, в туристическом секторе отмечаются рост экономических показателей, значительная конкуренция среди регионов в привлечении туристов, происходит активное продвижение капиталов отдельных туристических компаний на зарубежные рынки, наблюдается концентрация товаров и производства услуг в туризме и активно используются информационные технологии. Основными особенностями развития мирового туризма в первом десятилетии XXI века вероятно станут дальнейший рост показателей международной туристической деятельности, влияние на туризм экономической и политической ситуации в мире, поляризация деятельности туристических операторов, занятых как в глобальном, так и в среднем и малом бизнесе. Определяющими факторами развития туризма станут социодемографические изменения, электронная информация и коммуникационные системы.

Другой характерной особенностью туристического рынка на современном этапе может явиться концентрация производства путем укрупнения отдельных производственных единиц и сосредоточения в рамках монополистического объединения большого числа предприятий. Примером концентрации производства в туризме является возникновение гостиничных цепей, которое играет определенную роль, например способствует продвижению на мировой рынок гостиничных услуг высоких стандартов обслуживания.

Концентрация производства в туристической индустрии способствует широкому применению электронно-вычислительной техники и внедрению автоматизации в управление. Использование автоматизированных систем управления может привести к снижению себестоимости туров за счет сокращения административных и управленческих расходов, а также упрощения процедуры их бронирования.

За последнее десятилетие XX столетия международные туристические связи стали составной частью социально-экономических отношений мирового сообщества. В связи с этим огромное значение имеет процесс изучения туризма как науки. Анализ современного состояния туризма во многих странах позволяет понять необходимость развития программ внутреннего туризма.

До недавнего времени значение туризма в политической, экономической и социальной

---

жизни Азербайджанской Республики не было в полной мере определено. Однако в последнее время в стране наблюдается интерес именно к внутреннему туризму. Возможно, туризм является именно той отраслью, которая способна вывести Азербайджанскую Республику на более высокий уровень экономического развития.

С развитием туристического бизнеса стало возможным развитие гостиничного бизнеса. В Азербайджане сейчас функционирует более 80 отелей, и в последние годы отмечается тенденция к росту числа отелей высокого класса.

Международный опыт показывает, что спрос на гостиничные услуги увеличивается вместе с уровнем доходов населения и возрастает по мере развития экономики страны.

Таким образом, развитие туризма в Азербайджанской Республике возможно в том случае, если страна поднимет на более высокий уровень «саморекламу», обеспечит должную сохранность своих исторических и природных памятников, развитие необходимой инфраструктуры, в том числе в таком перспективном направлении, как экологический туризм.

L. A. Allakhverdieva

### **Information Technology in International Regulation of Tourist Activity**

*Tourism influence on emerging countries economy and social sphere was considered, positive and negative factors of tourism development in the countries involved were investigated. International tourism development features in the nearest future and automated control systems significance in this process were shown. Probable development options of tourism in Azerbaijan and ways for their realization were demonstrated.*

**Keywords:** international tourism, emerging countries, automated control systems.

---

## **Вниманию специалистов!**

**С. В. Дейнеко**

### **ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ГАЗОНЕФТЕПРОВОДОВ. ЗАДАЧИ С РЕШЕНИЯМИ**

В сборнике рассматриваются практические задачи оценки надежности объектов систем газонефтепроводов на стадии эксплуатации. В задачах используются конструкции реальных объектов и реальные статистические данные. Рассмотрены основные этапы и особенности построения структурных моделей – схем надежности систем газонефтепроводов, а также задачи, связанные с обработкой статистической информации о наработках на отказ и построением вариационных рядов. Заключительным этапом расчетов является количественная оценка надежности систем газонефтепроводов на основе построения структурных схем. Приводится решение задач.

Сборник задач предназначен для студентов, магистрантов и аспирантов специальности 130501 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ» и для инженерно-технического персонала, связанного с оценкой эксплуатационной надежности газонефтепроводов.

**М.: Издательство «Техника», 2007. — 80 с.**

**Е. А. Мазлова, Л. Б. Шагарова**

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ**

Книга посвящена экологически обоснованным решениям при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов нефтегазового комплекса с использованием специальной методики комплексной оценки.

Предназначена для работников научных и проектных институтов, сотрудников органов государственной экспертизы, контроля, аудита, студентов вузов.

**М.: Издательство «Техника», 2001. — 64 с.**

