

На правах рукописи

НЕЧАЕВ АНДРЕЙ НИКОЛАЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И МЕТОДА РАСЧЕТА
КАВИТАЦИОННО-ВИХРЕВЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ПРОЦЕССА
ОКИСЛЕНИЯ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ**

Специальность 05.02.13 – «Машины, агрегаты и процессы»
(Машиностроение в нефтеперерабатывающей промышленности)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Уфа 2003

Работа выполнена в Уфимском государственном нефтяном техническом университете и ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез».

Научный руководитель	доктор технических наук, профессор Хафизов Фаниль Шамильевич.
Официальные оппоненты:	доктор технических наук Нигматуллин Ришат Гаязович; кандидат технических наук Абдрахманов Наиль Хадитович.
Ведущая организация	Пермский государственный технический университет.

Защита состоится «29» октября 2003 года в 12-00 на заседании диссертационного совета Д.212.289.03 при Уфимском государственном нефтяном техническом университете по адресу: 450062, Республика Башкортостан, г.Уфа, ул. Космонавтов, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Автореферат разослан « » сентября 2003года.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Ибрагимов И.Г.

Актуальность темы

Основным видом оборудования для процессов окисления нефтяного сырья кислородом воздуха на предприятиях нефтеперерабатывающей отрасли является колонная аппаратура. Колонные аппараты, широко применяемые в нефтехимической промышленности для проведения процессов окисления нефтяного сырья кислородом воздуха при производстве нефтебитумов, работают достаточно эффективно при производстве дорожных и кровельных нефтебитумов, обеспечивая оптимальные технологические и эксплуатационные характеристики. Использование колонных аппаратов также нашло свое применение и в производстве строительных нефтебитумов.

Для производства строительных нефтебитумов используются различные схемы, в основном с использованием выносных сепараторов для обеспечения более длительного времени контактирования сырья с воздухом. С повышением температуры размягчения по КиШ наблюдается ухудшение использования кислорода воздуха, подаваемого на окисление. В результате в газовой фазе наличие свободного кислорода в газах окисления составляет от 4 до 6 и более процентов. Это, в свою очередь, создает все условия к быстрому закоксовыванию газового пространства колонн или сепараторов, что приводит к вынужденным простоям, связанным с необходимостью очистки аппаратов от кокса, а также может привести к возгоранию отложений кокса на стенках аппаратов и созданию аварийной ситуации на производстве.

Применение волновых воздействий позволяет повысить эффективность процессов окисления нефтяного сырья кислородом воздуха и создавать компактные аппараты на их основе. Причем энергия потока в этих аппаратах бывает достаточной для создания эффективного кавитационно-вихревого режима. Учитывая, что в последние годы стоимость энергоресурсов резко возрастает, разработка более экономичных конструкций и перспективных технологий на принципах кавитационно-вихревых воздействий достаточно актуальна.

Цель диссертационной работы: разработка и оптимизация кавитационно-вихревых аппаратов для предварительного окисления нефтяного сырья кислородом воздуха с целью совершенствования процесса производства строительных марок нефтебитумов.

Основные задачи исследования:

1. Разработать конструкцию аппарата, работающего на принципах кавитационно-вихревых эффектов, для процессов предварительного окисления нефтяного сырья кислородом воздуха.
2. Разработать методику расчета системы «выносной газожидкостной кавитационно-вихревой аппарат (ГЖКВА) – трубчатый реактор».
3. Усовершенствовать процесс производства строительных марок нефтебитумов в аппаратах колонного типа с применением выносных газожидкостных кавитационно-вихревых аппаратов.

Научная новизна

Впервые обнаружен интенсифицирующий эффект предокисления нефтяного сырья кислородом воздуха при кратности количества сопел к загрузке по сырью равной 1:10, скорости газожидкостного потока в трубчатом реакторе от выносного ГЖКВА до окислительной колонны в пределах $5 \div 9,5$ м/с и соотношении сырья и воздуха, подаваемых в предокислитель, равном 1:10.

Практическая ценность

1. Разработана конструкция аппарата окисления, работающего на принципах кавитационно-вихревых эффектов для реализации процессов предокисления нефтяного сырья кислородом воздуха при низких температурах (до 180°C) с целью производства строительных марок битумов.
2. Предложена технологическая схема получения строительных марок нефтебитумов с использованием системы «выносной ГЖКВА - трубчатый реактор».
3. На предприятии ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез», на блоке получения нефтебитумов строительных марок установки по производству

нефтебитумов тип 19-10, была испытана и внедрена в производство система «выносной ГЖКВА - трубчатый реактор».

Апробация работы

Основные положения работы докладывались и обсуждались на семинарах, научно-технических советах и конференциях, в том числе:

- на VI Международной научно – технической конференции по проблемам строительного комплекса России, УГНТУ (г.Уфа, 2002 г.);
- на I научно-технической конференции «Творчество молодых специалистов и ученых ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» для повышения эффективности производства (г. Пермь, 2002г.).

Публикации. Результаты исследований опубликованы в 8 работах, в том числе 2 патенте РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка использованных источников, включающего 113 наименований; изложена на 132 страницах машинописного текста, содержит 36 рисунков, 21 таблицу.

ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрыта актуальность выбранной темы диссертационной работы; сформулированы цель, задачи и основные положения, выносимые на защиту, отражена научная новизна выполненных исследований и их практическая значимость.

Первая глава посвящена анализу существующих аппаратов и технологий по производству окисленных нефтебитумов.

Недостатком аппаратов в процессе окисления нефтяного сырья кислородом воздуха являются высокое содержание кислорода в отходящих газах окисления, большие металлоемкость и энергозатраты на их обслуживание.

Наиболее распространенными являются аппараты колонного типа, которые обладают удобством в эксплуатации, малой металлоемкостью, высокой производительностью за счет лучшего использования кислорода воздуха и легкостью автоматизации процесса; кроме того, к ним можно отнести работу, в основном, по схеме непрерывного окисления. Это позволяет получить битумы различных модификаций при использовании самого различного сырья. К недостаткам колонн окисления относится высокое содержание кислорода в газах окисления, которое превышает 4...6% при производстве дорожных битумов и 8...10% при производстве строительного битума, а также закоксовывание газового пространства внутри колонны и маточника подачи воздуха в зону окисления сырья.

Проведенный литературный анализ показал, что наиболее эффективными аппаратами для окисления нефтяного сырья кислородом воздуха являются аппараты, работающие на принципах кавитационно-вихревых эффектов. Рассмотрены механизмы окисления углеводородного сырья, влияние технологических факторов процесса окисления на свойства конечного продукта, в частности, температуры процесса, приведены существующие схемы получения строительных марок нефтебитумов.

В то же время в литературных источниках нет ясного технического решения проблемы повышения качественных характеристик строительных битумов с использованием существующего оборудования, а также не в полной мере уточнена возможность повышения его производительности без значительных материальных затрат.

В связи с этим в работе рассмотрены: влияние кавитационно-вихревого эффекта на интенсификацию процесса предварительного окисления нефтяного сырья кислородом воздуха; комплексное решение вопроса повышения производительности существующего оборудования и качества строительных нефтебитумов с его использованием; влияние температуры процесса предварительного окисления на геометрические размеры используемого оборудования.

Вторая глава посвящена разработке методики расчета и конструированию кавитационно-вихревого аппарата для процесса предварительного окисления нефтяного сырья.

Проведены исследования и оптимизации конструкции аппарата, работающего на принципах кавитационно-вихревых эффектов, для реализации процессов предокисления сырья при низких температурах (до 180°C).

Количество сопел, устанавливаемых в предокислительном аппарате и распределяющих сырье, зависит от общего расхода нефтяного сырья, подаваемого в окислительную колонну. В ходе проведенных исследований было установлено, что для обеспечения более эффективного распыления сырья в аппарате расход жидкой фазы на каждое сопло должен быть не более чем 8÷10 м³/ч. В случае, когда через одно сопло расход жидкой фазы превышает 10 м³/ч, эффект процесса предокисления не наблюдается. Если же через одно сопло расход жидкой фазы ниже 8 м³/ч, дальнейшее усиление эффекта процесса предокисления практически не происходит. Общее количество сопел, устанавливаемых в выносном газожидкостном кавитационно-вихревом аппарате, выражается формулой

$$N = \frac{Q_c}{10}, \quad (1)$$

где N – общее количество сопел в выносном ГЖКВА (округляется до целого числа всегда в большую сторону);

Q_c – общий расход сырья, подаваемого в окислительную колонну, м³/ч.

Предлагаемый способ предокисления нефтяного сырья включает многократное взаимодействие под действием вихревого эффекта жидкой фазы с тангенциально движущимся газовым (воздушным) потоком (до 10% от общего количества газовой фазы, подаваемой в аппарат). Причем первоначально взаимодействие осуществляют в пенном режиме. При этом жидкую фазу подвергают сжатию в газожидкостном диспергаторе, по выходе из которого последняя, соударяясь о кавитатор-рассекатель, взаимодействует с тангенциально движущимся газовым потоком, с последующим многократным взаи-

модействием потоков в газожидкостном режиме не только в вихревой камере выносного ГЖКВА, но и в трубчатом реакторе, идущем от ГЖКВА до окислительной колонны. Кавитационно-вихревой предокислительный аппарат для окисления нефтяного сырья включает в себя: корпус, тангенциальный патрубок для ввода воздуха, патрубок для подачи жидкой фазы, кавитационно-вихревую камеру в корпусе аппарата, в которой расположен газожидкостный диспергатор с соплом (-ами) и кавитатор-рассекатель, для обеспечения взаимодействия жидкой фазы с газовым потоком в пенном режиме.

Предложенный аппарат для предокисления нефтяного сырья предназначен для инициирования реакций образования свободных радикалов, перекисных и других кислородсодержащих соединений в нефтяном сырье в условиях производства нефтебитумов в нефтеперерабатывающей промышленности.

На рис.1 представлен общий вид выносного ГЖКВА для предокисления нефтяного сырья. Устройство состоит из двух функциональных камер. В первой камере смешения происходит взаимодействие закрученного газового потока с закрученным жидкостным потоком, в результате чего образуется газожидкостная смесь.

Во второй камере происходит перемешивание газовой и жидкой фазы и осуществляется повторное взаимодействие газожидкостной смеси и пузырьков воздуха. В результате этого перемещения происходит образование мелкодисперсной фазы пенного типа.

Предлагаемый аппарат для предокисления нефтяного сырья работает следующим образом. Нефтяное сырье с температурой 120-150°C поступает через патрубок 7 в аппарат, где, проходя через конусно-цилиндрическое сопло (при необходимости - сопла) подачи жидкости 2, приобретает скорость порядка 10-14 м/с. На выходе из сопла установлен кавитатор - рассекатель потока жидкости конического типа 3. Его функция состоит в разделении потока жидкости для лучшего взаимодействия газовой и жидкой фазы и возбуждения кавитации. В камеру смешения воздух (в количестве 5-10% от общего

объема) подается тангенциально через патрубок 1. Поток жидкости попадает в зону максимальных тангенциальных скоростей воздушного потока в виде тонкой пленки толщиной 2-3 мм. Далее газожидкостный поток, следуя через сопло 6 камеры смешения, проходит повторное диспергирование.

В пенной камере происходит образование пенного режима за счет перемешивания пузырьков воздуха и жидкой фазы. И через патрубок 8 газожидкостный поток попадает в трубчатый реактор, по которому транспортируется в окислительную колонну. По пути движения жидкая и газовая фаза продолжают активно взаимодействовать между собой за счет образованного пенного режима.

В данной главе приведена методика расчета выносного газожидкостного кавитационно-вихревого аппарата с учетом различной производительности аппарата по сырью.

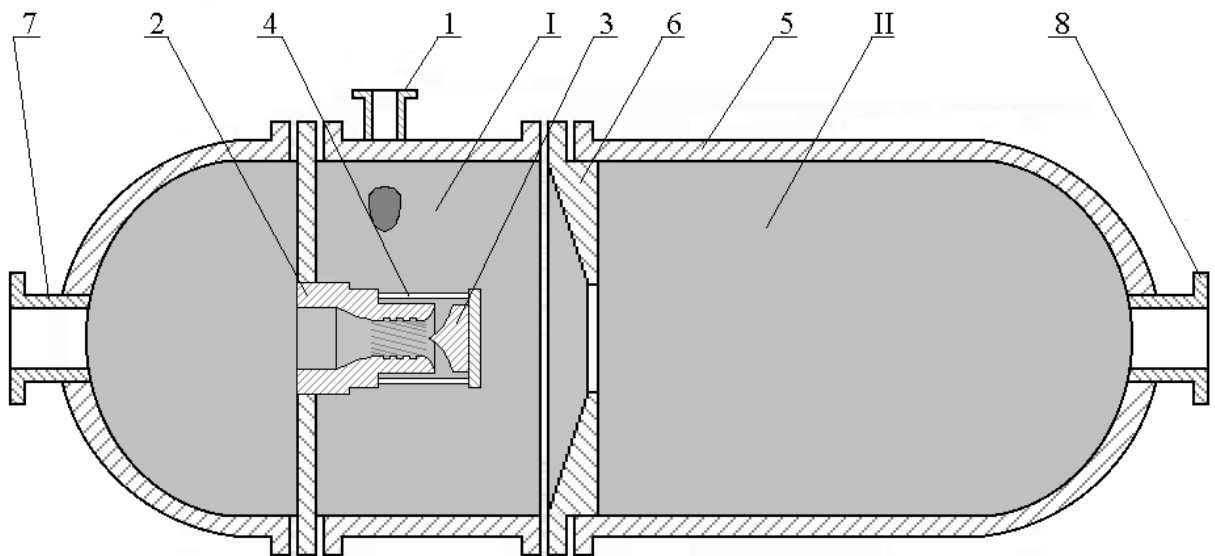


Рис.1. Выносной газожидкостный кавитационно-вихревой аппарат для предокисления нефтяного сырья:

I – камера смешения; II – пенная камера; 1- тангенциальный канал; 2 - конусно-цилиндрическое сопло подачи жидкости; 3 - кавитатор-рассекатель; 4 - резонирующие стержни; 5 - стакан камеры смешения; 6 - сопло камеры смешения; 7 - штуцер подачи сырья; 8 - штуцер для вывода газожидкостной смеси (пены)

По методике, приведенной в данной работе, был рассчитан выносной ГЖКВА - преокислитель для осуществления процесса предварительного окисления нефтяного сырья кислородом воздуха для промышленной установки получения окисленных нефтебитумов. Рассчитанный аппарат внедрен в производство как блок преокисления нефтяного сырья перед основной окислительной колонной получения битумов строительных марок ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез».

Третья глава посвящена совершенствованию технологической схемы получения строительных марок нефтебитумов с использованием выносного газожидкостного кавитационно-вихревого аппарата - преокислителя, а также определения оптимальных конструкционных параметров (длина и диаметр) трубчатого реактора, идущего от преокислителя до окислительной колонны.

В качестве сырья окисления использовалась смесь гудрона, слопа и асфальта, поступающих с установок АВТ и установок деасфальтизации гудрона пропаном, воздух на окисление подавался от центробежных воздушных компрессоров через ресивер в количестве 8-12% масс. от общего количества воздуха, подаваемого на окисление. Принципиальная технологическая схема блока производства строительных марок битумов приведена на рис.2.

Автором проведены промышленные исследования по изучению влияния количества воздуха, подаваемого в преокислитель, и оптимизировано соотношение сырье : воздух. Результаты промышленных испытаний приведены в табл. 1.

По результатам данных табл. 1 были построены графики изменения температуры газожидкостной смеси в зависимости от количества подаваемого воздуха в преокислитель (рис.3). Анализ графиков позволяет определить оптимальное количество воздуха подаваемого в преокислитель. Экстремум, при котором достигается наибольшее увеличение температуры, находится в пределах $9,5 \div 10,5 \text{ м}^3$ воздуха на 1 м^3 подаваемого в преокислитель сырья.

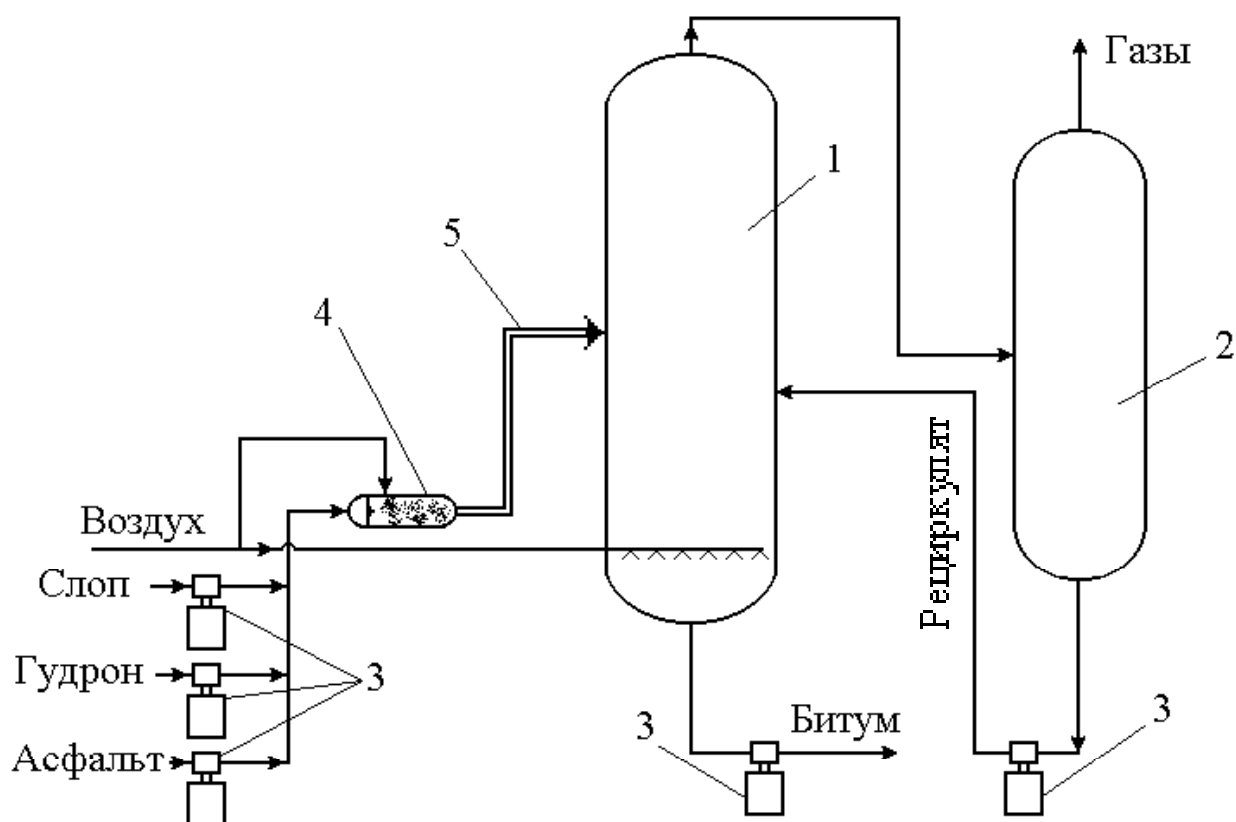


Рис.2. Принципиальная технологическая схема блока производства строительных марок битумов:

1 – первая колонна (зона реакции); 2 – вторая колонна (зона сепарации); 3 – насосы; 4 – выносной предокислитель сырья, 5 – трубчатый реактор

Таблица 1

Данные, полученные при анализе изменения температуры газожидкостной смеси при движении в трубопроводе-реакторе

Параметры процесса	Расход воздуха, подаваемого в выносной ГЖКВА, м ³ /ч									
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Начальная температура, °С	129,4	129,5	130,1	130,8	130,9	131	131,3	131,5	131,8	132
Конечная температура, °С	133,2	135,4	137,3	138,2	137,4	136,5	136,5	136,4	136,3	136,3
Изменение температуры, °С	3,8	5,9	7,2	7,4	6,5	5,5	5,2	4,90	4,5	4,3
Количество кислорода, поданного с воздухом, кг	13,577	27,153	40,73	54,306	67,883	81,459	95,036	108,612	122,189	135,765
Израсходовано кислорода, кг	12,24	19,07	23,34	24,05	21,18	17,96	17,02	16,08	14,8	14,18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Прореагировавший кислород, %	90,17	70,22	57,3	44,29	31,19	22,04	17,91	14,8	12,11	10,44
Количество оставшегося кислорода, %	2,06	6,25	8,97	11,7	14,45	16,37	17,24	17,89	18,46	18,81
Прирост температуры размягчения по КиШ, °С	0,704	1,097	1,343	1,384	1,218	1,033	0,979	0,925	0,8516	0,816
Количество теплоты реакции, кДж	106508	165870	203042	209274	181399	156226	148069	139863	128758	123334

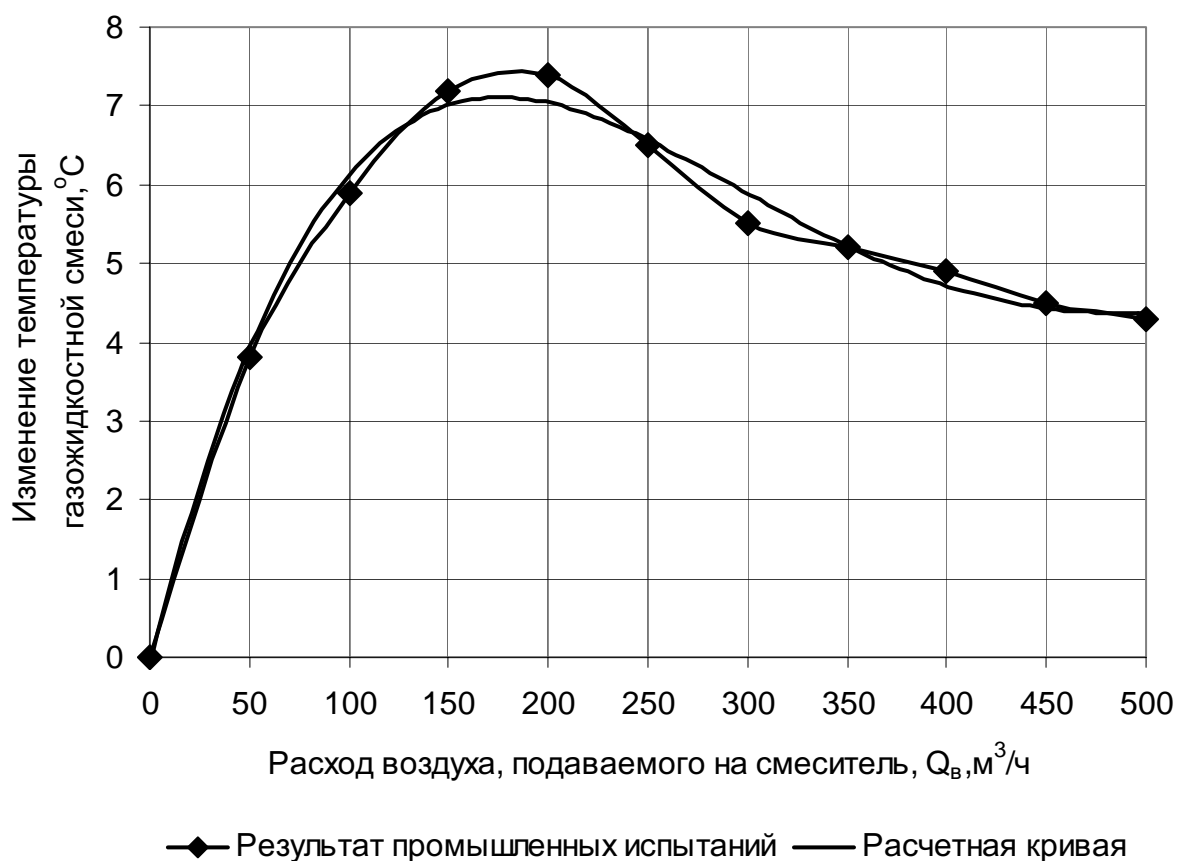


Рис.3. Изменение температуры газожидкостной смеси в зависимости от расхода воздуха, подаваемого в предокислитель

На рис.4 представлены кривые изменения количества прореагировавшего и оставшегося кислорода в зависимости от подаваемого расхода возду-

ха в преокислитель. Точка пересечения кривых (рис. 4) является оптимумом, при котором процесс окисления протекает наиболее эффективно.

В работе автором приведена методика определения оптимальной длины трубопровода-реактора от преокислителя до окислительной колонны. Автором для расчета длины трубопровода от начальной температуры подачи сырья (в диапазоне 120-180°C) предлагается формула

$$l_{\text{опт.}} = k * e^{\left(\frac{120}{t_{\text{нач.}}}\right)}, \quad (2)$$

где $l_{\text{опт.}}$ - оптимальная длина трубопровода-реактора, м;

$t_{\text{нач.}}$ - начальная температура подачи сырья в преокислитель, °C;

k - предэкспоненциальный множитель, определяется уравнением

$$k = -0,4971 * \ln(k_0) + 8,4, \quad (3)$$

k_0 определяется зависимостью

$$k_0 = \frac{t_{\text{нач.}}}{5} - 23. \quad (4)$$

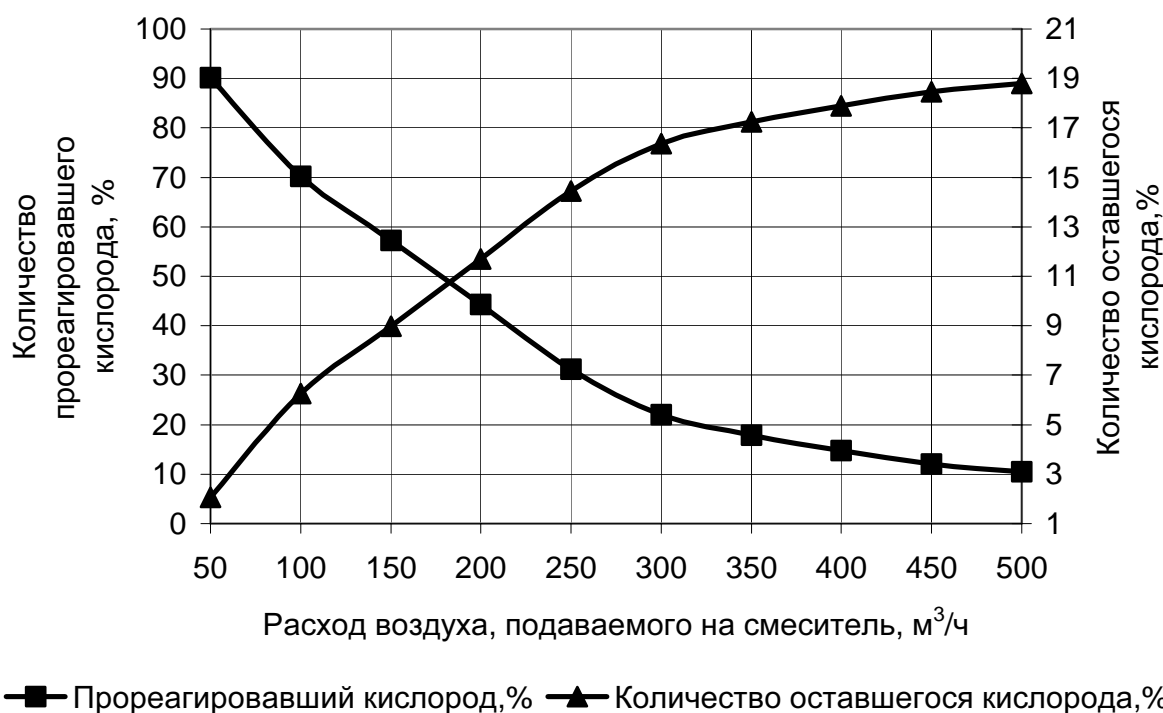


Рис.4. Изменения, касающиеся расхода и остатков кислорода, в зависимости от количества подаваемого в преокислитель воздуха

Для практического определения длины трубопровода-реактора от начальной температуры подаваемого сырья строится номограмма по уравнению 2 (рис. 5).

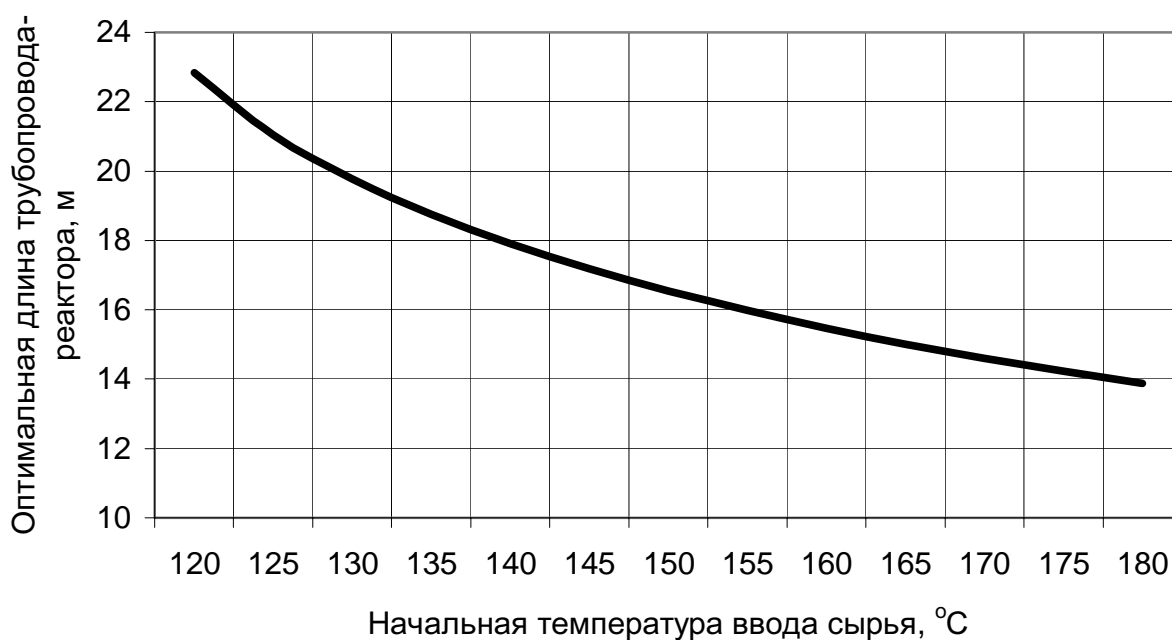


Рис. 5. Номограмма для определения оптимальной длины трубопровода-реактора в зависимости от начальной температуры подачи сырья

В работе приведена методика расчета оптимального диаметра трубопровода-реактора, от предокислителя до окислительной колонны. Данная методика была предложена на основании данных, полученных в процессе проведения опытно-промышленных испытаний на ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез».

В общем виде формулу для определения диаметра трубопровода-реактора можно представить в следующем виде:

$$d = 2 \frac{\sqrt{q_c + q_v}}{\sqrt{w\pi}}, \quad (5)$$

где q_c - расход сырья, м³/с;

q_v - расход воздуха, м³/с;

w – оптимальная скорость газожидкостного потока, м/с, которая подбирается на основании выражения

$$\frac{Q_c}{Q_c + Q_B} 100 = k_{ж}, \quad (6)$$

где Q_c – расход сырья, м³/ч;

Q_B – расход воздуха, м³/ч;

$k_{ж}$ – коэффициент, характеризующий содержание жидкой фазы в газожидкостной смеси, находится в пределах:

$$6,7 \leq k_{ж} \leq 12,6. \quad (7)$$

Предельные значения $k_{ж}$ выбраны из рис. 3, экстремум которого соответствует оптимальному значению для обеспечения необходимой эффективности процесса предокисления нефтяного сырья в условиях применения выносного ГЖКВА. Точки пересечения графиков на рис.3 в области экстремума соответствуют минимальному и максимальному значению $k_{ж}$. Для оптимального значения $k_{ж} = 9,0$ значение скорости движения газожидкостной смеси, при которой достигается максимально эффективное воздействие кислорода воздуха на нефтяное сырье, в трубопроводе-реакторе равно $w_{опт} \approx 7$; при $k_{ж} = 6,7$ $w_{min} \approx 5$; при $k_{ж} = 12,7$ $w_{max} \approx 9,5$.

При условии, что оптимальная скорость газожидкостного потока в трубопроводе ≈ 7 м/с, выражение (5) примет вид

$$d = 0,427 \sqrt{q_c + q_B}. \quad (8)$$

На основании уравнений (6) и (8) можно построить графики зависимости расхода сырья от внутреннего диаметра трубопровода-реактора для скоростей в пределах от 5 до 9,5 м/с (рис. 6). Из кривых на рис. 6 видно, что диапазон устойчивой работы трубопровода-реактора, при котором достигается максимальный эффект взаимодействия кислорода воздуха с нефтяным сырьем

ем, увеличивается с увеличением внутреннего диаметра трубопровода-реактора.

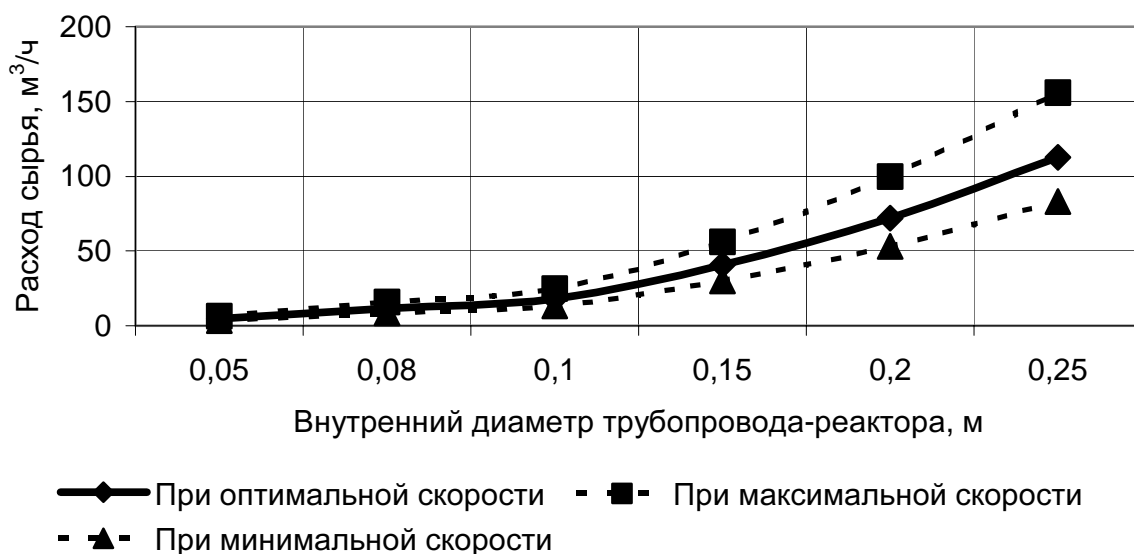


Рис. 6. График для определения зависимости расхода сырья от внутреннего диаметра трубопровода-реактора

В условиях промышленных испытаний было достигнуто максимальное значение загрузки по сырью (обеспечивающее требуемое ГОСТом качество выпускаемой продукции), которое составило $24 \text{ м}^3/\text{ч}$, расчетное значение максимальной загрузки (рис.6) равно $24,9 \text{ м}^3/\text{ч}$, которое соответствует максимально допустимой скорости потока. Это говорит о достаточной сходимости промышленных результатов и определяемых расчетным путем по предлагаемой методике.

Для анализа эффективности использования ГЖКВА автором была определена энергия активации процесса по уравнению Аррениуса. Из табл. 2 видно, что использование системы «выносной ГЖКВА – трубчатый реактор» позволяет снизить энергию активации более чем в два раза.

Качественные характеристики полученных продуктов окисления для сравнения приведены в таб. 3.

Таблица 2

Сравнительные данные расчета энергии активации процесса окисления

Наименование параметра	Данные до использования выносного ГЖКВА	Данные для участка трубопровода, идущего от ГЖКВА до окислительной колонны	Данные после использования выносного ГЖКВА
E_a , кДж/моль	48,612	21,257	45,700

Таблица 3

Среднестатистические результаты анализов качественных показателей строительных нефтебитумов

Показатели качества битума	Битум, полученный без использования выносного ГЖКВА	Битум, полученный с использованием выносного ГЖКВА
Битум строительный марки БН-70/30		
Температура размягчения по КиШ, °С	72,49	75,52
Пенетрация при 25°С, ×0,1мм	24,24	26,23
Дуктильность при 25°С, см	3,13	3,61
Индекс пенетрации	1,5437	2,1506
Битум строительный марки БН-90/10		
Температура размягчения по КиШ, °С	92,25	98,5
Пенетрация при 25°С, ×0,1мм	9,9	11,5
Дуктильность при 25°С, см	1,03	2,04
Индекс пенетрации	2,4060	3,3136

Из таблицы видно, что среднестатистические результаты анализов качественных показателей строительных нефтебитумов марок БН-70/30 и БН-90/10 свидетельствуют о высокой эффективности работы блока производства строительных битумов с использованием системы «выносной ГЖКВА – предокислитель и трубчатый реактор». Практически все показатели качества би-

тумов, полученных с использованием предокислителя, превышают аналогичные показатели битумов, полученных по обычной технологии (без предокислителя). Температуры размягчения по КиШ строительных битумов на 4,18% (для БН-70/30) и на 6,78% (для БН-90/10) превышают базовые показатели (без предокислителя). Подобная тенденция наблюдается и при анализе таких показателей качества, как пенетрация при 25°C и дуктильность при 25°C. В этом случае повышение для пенетрации составляет 8,21% (для БН-70/30) и 16,16% (для БН-90/10), а для дуктильности при 25°C – 15,36% (для БН-70/30) и 98,06% (для БН-90/10). Для битумов, полученных с использованием выносного ГЖКВА, индекс пенетрации превышает полученные ранее значения на 39,31% (для БН-70/30) и на 37,72% (для БН-90/10), что свидетельствует о более упорядоченной коллоидной структуре битумов, полученных с использованием предокислителя.

Физико-химический анализ показывает, что происходит изменение вязкостных свойств в диапазоне температур 140-180°C (рис. 7) и плотности битумов (табл. 4).

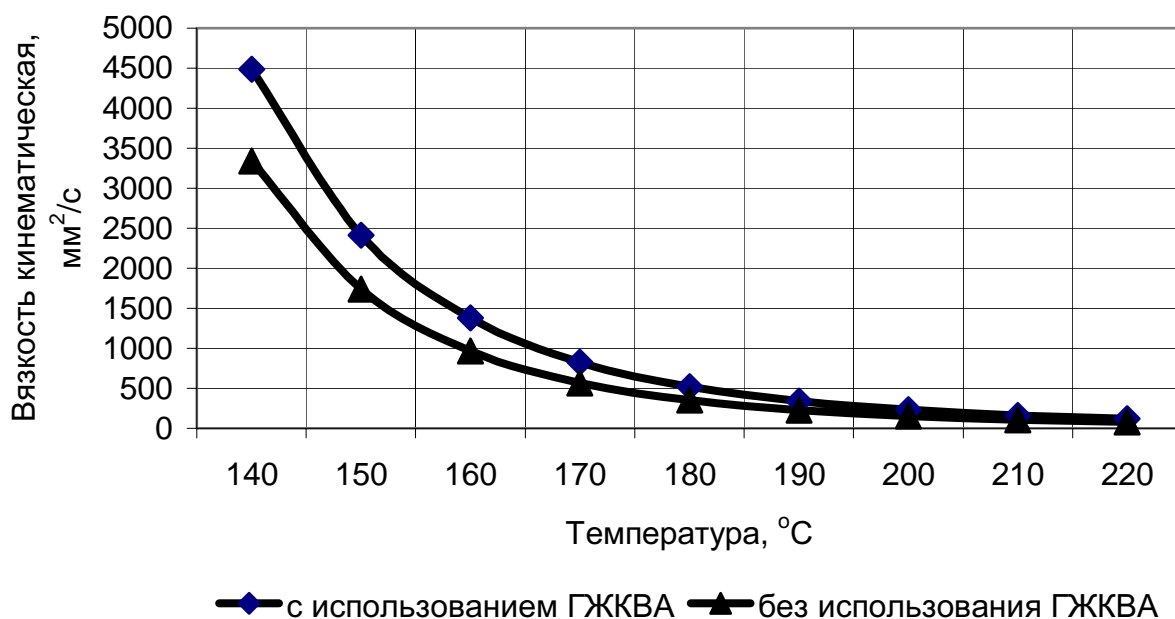


Рис. 7. График изменения вязкости строительного битума марки БН-70/30

Показатели плотности нефтебитумов,
полученных с использованием различных технологий

Плотность, кг/м ³	
битума, полученного без использования выносного ГЖКВА	битума, полученного с использованием выносного ГЖКВА
1006	1025

Одним из косвенных свидетельств влияния системы «выносной ГЖКВА – трубчатый реактор» является не только снижение содержания кислорода в газах окисления на 35%, но и увеличение количества диоксида углерода на 10,9% в этих газах. Это может свидетельствовать о том, что часть кислорода остается в битуме в виде кислородсодержащих молекул, которые чаще всего представляют собой асфальтогеновые кислоты и их ангидриды. Они, в свою очередь, являясь поверхностно-активными веществами, стабилизируют коллоидную структуру нефтебитумов. Даже небольшое их количество в битумах значительно улучшает адгезионные свойства товарных битумов. При увеличении практически на 60 % производительности окислительной колонны по сырью наблюдается не только снижение удельного количества воздуха, подаваемого на окисление (около 22,6%), но и снижение температуры процесса окисления на 4,3%, что, в свою очередь, повышает уровень безопасности процесса.

Глава четвертая посвящена разработке технологии производства компаундированных битумов. На первом этапе производился подбор рецептуры компаундированных битумов с оптимальными эксплуатационными характеристиками.

Как отмечалось в главе 3, битумы, полученные с использованием выносного ГЖКВА – предокислителя, имеют в своем составе больше кислородсодержащих молекул, которые, в свою очередь, благоприятно влияют на качественные характеристики готовых продуктов. Особенно наличие соединений, которые являются поверхностно-активными веществами, требуется для

битумов, применяемых в качестве вяжущих при строительстве автомобильных дорог.

Для приготовления битумных компаундов, как правило, проводят смешение перекисленных и неокисленных компонентов. В качестве неокисленных компонентов рассматривались различные нефтяные остатки: гудроны, слопы, асфальты деасфальтизации гудрона пропаном, крекинг-остатки, экстракты селективной очистки масел фенолом.

В ходе проведенных исследований были подобраны оптимальные компоненты компаундированных битумов и их составы. Из большого количества смесей различного состава лишь несколько удовлетворяли требованиям существующих стандартов. Это связано с тем, что тот или иной компонент, улучшая один или несколько показателей, может значительно ухудшать другой. Так, наилучшими компонентами для компаундов явились смеси асфальта со слопом в различном процентном соотношении. Основные показатели полученных компаундированных битумов соответствуют самым распространенным маркам БНД-90/130 и БНД-60/90, которые поставляются ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» в различные регионы.

Исследования показали, что компаундированный битум, полученный смешением перекисленного и неокисленных компонентов, обладает наилучшими эксплуатационными характеристиками по сравнению с обычными битумами, полученными по технологии окисления нефтяных остатков кислородом воздуха, и является оптимальным решением при использовании его в суровых климатических условиях с низкими зимними температурами и относительно высокими летними температурами.

В ходе проведенных исследований было определено оптимальное соотношение компонентов, при котором достигается наилучшее качество дорожных битумов. При этом следует учесть, что неокисленных компонентов в составе компаундированных битумов должно быть не менее 30% масс., в противном случае битум не сможет удовлетворять всем требованиям ГОСТ 22245-90.

Исходя из полученных соотношений компонентов, была предложена технологическая схема производства компаундированных битумов (рис. 8), внедренная на ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез», которая позволяет дозировать соответствующие компоненты в необходимом количестве. Предложенная схема достаточно эффективно позволяет производить компаундированные битумы с требуемыми показателями качества и максимально эффективно влиять на процесс дозирования необходимых компонентов.

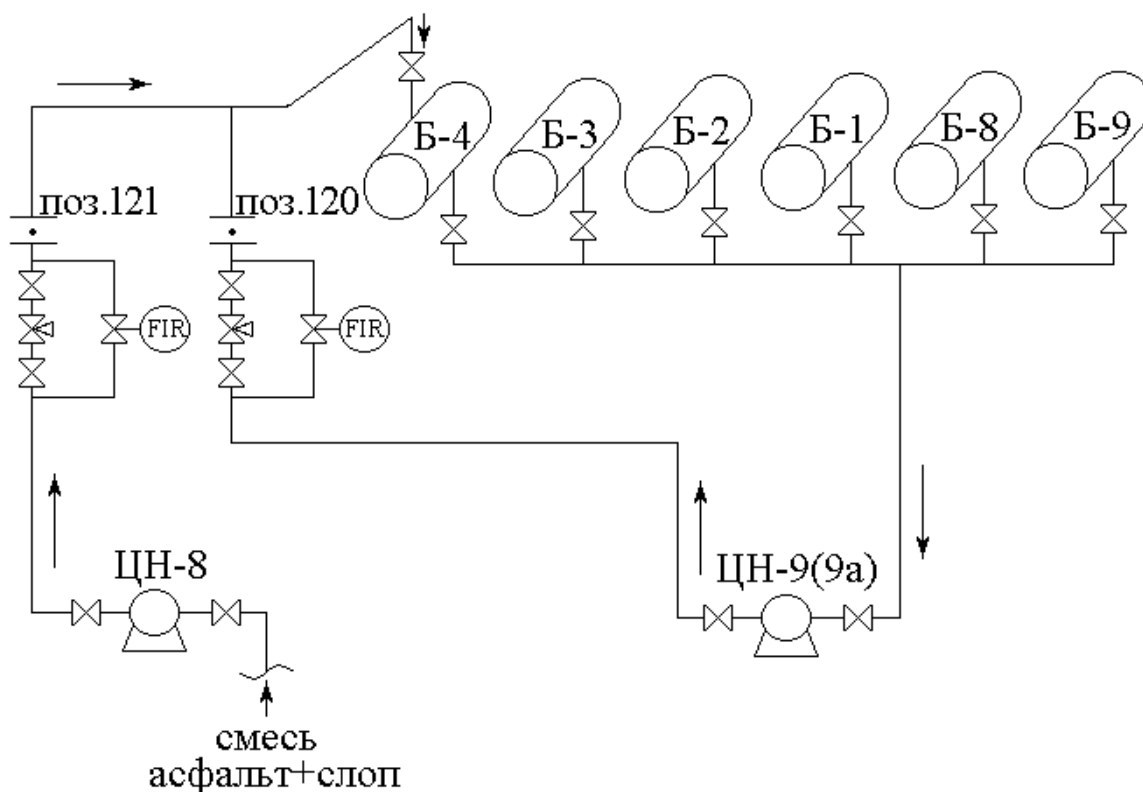


Рис. 8. Технологическая схема производства компаундированных битумов на ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез»

Выводы

1. На основании проведенных исследований был получен интенсифицирующий эффект предварительного окисления нефтяного сырья кислородом воздуха при кратности количества сопел к загрузке по сырью, равной 1:10, скоростях газожидкостного потока в трубчатом реакторе от выносного ГЖКВА до окислительной колонны в пределах 5÷9,5 м/с и соотношении сырья и воздуха, подаваемых в предокислитель, равном 1:10, который позволил повысить загрузку в окислительной колонне на 60%, снизить удельный рас-

ход воздуха на 29,6% и температуру в окислительной колонне на 4,3%, а также улучшить качественные характеристики строительных битумов БН-70/30 (БН-90/10): повысить температуру размягчения по КиШ на 4,18 (6,78)%, пенетрацию на 8,21 (16,16)%, дуктильность на 15,36 (98,06)%.

2. Разработана конструкция выносного ГЖКВА, позволяющая проводить процесс предокисления в кавитационно-вихревом режиме при достаточно низких температурах (до 180°C).

3. Разработана методика расчета оптимальной длины и диаметра трубчатого реактора для системы «выносной ГЖКВА – трубчатый реактор».

4. На основе разработанной конструкции выносного ГЖКВА предложен процесс производства окисленных нефтебитумов строительных марок.

5. Разработана технология производства компаундированных битумов на основе смешения переокисленных битумов, получаемых с использованием системы «выносной ГЖКВА – трубчатый реактор», и неокисленных компонентов.

Список публикаций по теме диссертации

1. Хафизов Ф.Ш., Крыжановский С.С., Нечаев А.Н. и др. Влияние волновых воздействий на окисление нефтяных остатков // Материалы межотраслевого совещания, Саратов.-2000. – с. 97.

2. Рябов В.Г., Нечаев А.Н., Пустынников А.Ю. и др. Повышение качественных характеристик нефтяных окисленных дорожных битумов // Проблемы и перспективы развития химической технологии на Западном Урале: Сборник научных трудов.-Пермь, 2001. – с. 178.

3. Пустынников А.Ю., Рябов В.Г., Комаренкова И.Т., Нечаев А.Н. Изучение возможности получения компаундированных битумов на основе окисленных битумов и нефтяных остатков, получаемых на ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» // Проблемы и перспективы развития химической технологии на Западном Урале: Сборник научных трудов.-Пермь, 2001. – с. 185

4. Свидетельство на полезную модель № 17621 Устройство для испытаний вязкоупругих и пластичных материалов Калимуллин Д.Т., Греков В.В., Теренин А.Н., Нечаев А.Н. и др. – Бюл. №10; Оpubл. 10.04.2001г.

5. Пат. 2186078 РФ Способ получения компаундированного битума В.П. Баженов, В.М. Шуверов, А.Н. Нечаев и др. – Бюл. №21; Оpubл. 27.07.2002г.

6. Пустынников А.Ю., Меделяева Е.В., Нечаев А.Н. Изучение возможности получения компаундированных битумов товарных марок на основе окисленных битумов и остаточных продуктов переработки нефти // Творчество молодых специалистов и ученых ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» для повышения эффективности производства: Материалы I Научно-технической конференции.-Пермь, 2002. – с. 41.

7. Греков В.В., Нечаев А.Н. Устройство для нестандартных испытаний асфальтобетонов и органических вяжущих // Творчество молодых специалистов и ученых ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» для повышения эффективности производства: Материалы I Научно-технической конференции.-Пермь, 2002. – с. 47.

8. Хафизов Ф.Ш., Нечаев А.Н., Кутьин Ю.А. и др. Разработка технологии получения битума методом окисления нефтяного сырья с помощью газожидкостного кавитационно-вихревого аппарата // VI Международная научно – техническая конференция по проблемам строительного комплекса России.-Уфа: УГНТУ, 2002. – с.129.