

Тимошин Александр Федорович

директор, инженер-эксперт

ООО НТЦ «Экспертиза»

г. Пенза, Пензенская область

Николаев Алексей Петрович

инженер-эксперт

ООО НТЦ «Экспертиза»

г. Пенза, Пензенская область

Бердников Александр Геннадьевич

инженер-эксперт

ООО «Параметр»

г. Пенза, Пензенская область

Нитяговский Александр Михайлович

инженер-эксперт

ООО НТЦ «Экспертиза»

г. Пенза, Пензенская область

**ОЦЕНКА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ
ПЕРЕВООРУЖЕНИЮ НПЗ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЭМИССИЙ
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**

Аннотация: на примере «Атырауского нефтеперерабатывающего завода» (АНПЗ) авторами дана оценка проектных решений по технологическому перевооружению завода с целью минимизации эмиссий в окружающую среду (ОС) загрязняющих веществ. Проведенный анализ показал преимущество технологий компании Axens (Франция), проектное решение которой было рекомендовано авторами для строительства комплекса глубокой переработки нефти на Атыраузском НПЗ.

Ключевые слова: нефтехимические заводы, утилизация, экология, промышленная безопасность.

В настоящее время увеличивается потребность в нефтепродуктах, в первую очередь в бензине, реактивном топливе, повышаются требования к качеству продукции и, одновременно, ужесточаются требования к экологическим характеристикам топлив для автотранспортных средств.

Существующая схема ТОО «Атырауский НПЗ» представляет собой НПЗ с преимущественно неглубокой переработкой нефти. На установке замедленного коксования происходит преобразование только небольшого количества тяжелых углеводородов в более легкие, поскольку основной целью является производство кокса. В соответствии с программой развития в составе АНПЗ предусмотрено строительство Комплекса по производству бензола (КПБ) и Комплекса производства ароматических углеводородов (КПА). На КПА, включая установку каталитического риформинга с непрерывной регенерацией катализатора, будет осуществляться переработка и преобразование тяжелой нефти в ароматические углеводороды. Несмотря на улучшение экономических и экологических показателей, эти процессы не увеличивают глубину переработки нефти на АНПЗ, и принятая схема переработки не может обеспечить сегодня современный уровень конверсии. Для этого необходимо добавить процессы, обеспечивающие глубокую переработку тяжелых нефтяных фракций.

Для выполнения этих задач, при сохранении номинальной мощности АНПЗ, предполагается строительство Комплекса глубокой переработки нефти (КГПН), что позволит обеспечить глубокую переработку тяжелых нефтяных фракций и достичь показателей характеристик топлив, соответствующих требованиям европейских стандартов.

В соответствии с основными принципами экологического законодательства следует применять наиболее экологически чистые и ресурсосберегающие технологии. Для обоснования выбора проектируемого процесса в рамках хозяйственного договора авторами были рассмотрены различные варианты технологических решений, места размещения проектируемого объекта, выполнено математическое моделирование вариантов реконструкции НПЗ и произведена оценка

техногенного воздействия от источников загрязнения окружающей среды для различных вариантов проектных решений.

Для обоснования выбранного варианта реализации проектируемого процесса необходимо рассмотреть имеющиеся альтернативы, как в плане технологических решений, так и места размещения проектируемого объекта.

Для определения наиболее эффективной конфигурации предприятия авторами была исследована конфигурация Атырауского НПЗ, созданы и проанализированы 9 моделей реконструкции предприятия. Математическое моделирование выполнялось с применением следующих методологических принципов моделирования: стратифицированного моделирования макроструктуры НПЗ на основе моделирования микроструктуры его технологических компонентов; моделирования нелинейных объектов реконструкции предприятия на основе многоуровневых нелинейных преобразований координат состояния объектов моделирования; многофакторного моделирования техногенного воздействия на базе однофакторных моделей воздействий от отдельных источников загрязнений [1–3].

Основные критерии отбора – экологические условия минимизации техногенного воздействия от источников загрязнения окружающей среды. Для реализации данного этапа использовался специально разработанный функционал качества [4; 5]. В основу построения функционала качества была положена идея о том, что технологические и проектные решения, объединённые в группы А и С при своей реализации, вызывают увеличение качества очистки отходов производственной деятельности НПЗ, а технологические и проектные решения, объединённые в группу В, – снижение качества очистки отходов производственной деятельности НПЗ. Поэтому функционал был представлен в виде дробно-рациональной функции, где в числителе находится совокупность многофакторных функций проектных решений групп А и С, а в знаменателе – функций проектных решений группы В [1–5].

Согласно приведенным методикам авторами было выполнено математическое моделирование каждого варианта проектных решений, по результатам ко-

того был выбран технологически оптимальный вариант схемы КГПН, позволяющий создать современное производство для выпуска топливной продукции (с обеспечением требуемого законодательством качества продукции) за счет увеличения эффективности (глубины) переработки нефтяного сырья без увеличения проектной производительности предприятия [6; 7].

С принятием этой схемы изменится состав существующих товарных продуктов, включая товарные ароматические углеводороды после строительства нового комплекса, резко уменьшится существующее производство топливного мазута с большим увеличением производства ценных легких и средних дистиллятов.

В качестве лицензиаров базового проектирования Комплекса глубокой переработки нефти на ТОО «Атырауский НПЗ» приняли участие Компании «Axens», Франция и «SINOPEC Engineering», Китай. Цепочка процессов, у компании «Axens» включает 9 технологий, у компании «SINOPEC Engineering» – 4 технологии. Компанией «Axens» представлено более полное предложение с набором всех технологических процессов, способных обеспечить глубину переработки нефти и выработку моторных топлив, соответствующих спецификациям Евро IV и Евро V. Представленные же Компанией SINOPEC технологии не способны обеспечить гибкость работы предприятия и выпуск товарных бензинов, соответствующих европейским стандартам по октановым характеристикам и групповому углеводородному составу.

В отличие от предложения Компании SINOPEC, направленного, в основном, на гидрооблагораживание продукции (очистка от соединений серы и азота) и углубление переработки нефти, технологии, предложенные Компанией Axens, подразумевают увеличение выпуска высокооктановых компонентов товарных бензинов (Polynaphta; Alkifining; TAME) и возможность изменения его группового углеводородного состава (Benfree), который лимитируется спецификациями Евро IV и Евро V по содержанию олефиновых и ароматических углеводородов.

Анализ представленной Компанией Axens информации по новым технологическим установкам и конфигурации предприятия в целом показал, что все установки соответствуют современному уровню, и цели модернизации предприятия будут достигнуты. Технологии Компании Axens широко известны во всём мире и зарекомендовали себя как надёжные, безопасные и легко управляемые.

Максимально возможный набор проектных решений при современном уровне развития технологий для подобного комплекса включает компенсационные технико-инженерные решения на значимых источниках эмиссий в ОС, в т. ч.: специальные конструкции горелочных устройств для снижения выбросов от сгорания топлива в технологических печах, систем очистки газов регенерации от окислов азота, серы и твердых веществ «deNOX», «deSOX» с «мокрым» скруббером «EDV Wet Scrubbing System» (входящим в состав пакета «Clean Technologies» от американской корпорации «Velco»), устройство установки по утилизации серы, извлеченной в процессах обессеривания с технологией очистки хвостовых газов.

Инновации, предусмотренные компанией Axens, наделяют лицензированные ею технологии дополнительными достоинствами, направленными на снижения воздействия на окружающую среду, по сравнению с аналогичными процессами, представленными на рынке современных технологий:

- более высокий уровень промышленной и экологической безопасности за счет повышения надежности и управляемости процессов, расширения возможностей динамического контроля;

- сокращение загрязнения окружающей среды отходами производства и повышение показателей ресурсосбережения за счет возможности регенерации каталитических систем, реагентов и увеличения срока их службы, сокращения потерь сырья и реагентов в ходе процесса; повышение качества продукции.

На предлагаемых проектом технологических установках компании Axens в полной мере предусмотрено применение современного комплекса контрольно-измерительных приборов, обеспечивающих возможность контроля в производственном процессе параметров, влияющих на величину эмиссии в окружающую

среду. Автоматизированная система регулировки производственного процесса, интегрированная с основными технологическими установками, может распознать ошибочные действия персонала диспетчерского пункта и приводить в действие защитные системы, останавливающие или нормализующие технологический процесс, минимизируя вероятность возникновения и развития аварийных ситуаций.

Для объектов общезаводского хозяйства, планируемых для обеспечения функционирования новых технологических процессов, проектными решениями предусмотрены наиболее эффективные современные меры, позволяющие достигнуть лучших показателей снижения воздействия. Для сокращения потерь углеводородов в процессе хранения и транспортировки нефтепродуктов предусмотрено:

- использование герметичного перекачивающего оборудования (герметичные насосы, трубопроводная арматура и уплотнительная система);

- использование резервуаров с алюминиевыми понтонами с высокоэффективными уплотняющими затворами;

- оснащение емкостного оборудования системой автоматического защиты от переливов с аварийными датчиками уровня, работающими независимо от измерительной системы.

В качестве основного топлива на технологических печах новых установок компании Axens предусмотрено использование экологически чистого топливного газа, получаемого в ходе технологических процессов.

Для предотвращения воздействия на почву, грунт и подземные воды в случае нерегламентной работы оборудования обоими разработчиками – компанией Axens (Франция) и компанией SINOPEC Engineering (Китай) дополнительно к вышеуказанным мерам будет предусмотрено использование системы обнаружения утечек на оборудовании и аппаратах, в которых обращаются опасные среды, площадки резервуарных парков, технологических установок и других мест возможных проливов будут иметь твердое покрытие, соответствующих марок для

обеспечения противofильтрационного эффекта, места временного хранения отходов будут организованы в соответствии с физико-химическими свойствами данного вида отхода и степенью опасности для окружающей среды и здоровья человека, временное хранение отходов, в процессе которого потенциально возможно загрязнение окружающей среды будет осуществляться в специальных контейнерах на площадках, имеющих спецпокрытие, исключающие загрязнение подстилающей поверхности и т. д. С целью более рационального использования ресурсов схема обращения с отходами ориентирована на их максимальное повторное использование.

Математическое моделирование и проведенный анализ выбранных технологий, инженерных решений и организационных мер, заложенных в проекте с целью минимизации эмиссий в ОС и ресурсосберегающего природопользования, показывает их соответствие современным достижениям в области экологической безопасности производства и охраны ОС [8].

Для количественной оценки уровня соответствия сравниваемых технологий уровню наилучших доступных технологий было выполнено сопоставление удельных величин эмиссии в атмосферу от проектируемого комплекса со среднеотраслевыми показателями и минимально-достижимыми при современном уровне развития производства по данным справочника по удельным показателям выбросов загрязняющих веществ для некоторых производств -основных источников загрязнения атмосферы [9]. Результаты сравнительной оценки представлены в таблице 1.

Таблица 1

Удельные выбросы вредных веществ

Загрязняющее вещество	Величина валового выброса, т/год	Удельный выброс ² , кг/кг продукции		
		Проектируемый КГПН компании Axens	Проектируемый КГПН компании SINOPEC	Среднеотраслевой показатель
Диоксид серы	245	0,09	0,1	0,60
Диоксид азота ¹	12	0,004	0,005	0,09
Оксид углерода	322	0,12	0,1	0,30

ЛОСНМ (летучие органические соединения, не включая метан)	618	0,24	0,3	3,40
Газообразные вещества	1396	0,53	0,6	4,50
Прочие	91	0,035	0,035	0,03
<i>Примечания:</i> ¹ – без пересчета на трансформацию в атмосфере; ² – для расчета удельного норматива эмиссии в атмосферу использованы данные товарного баланса.				

В соответствии с международными принципами по охране окружающей среды («Стокгольмская Декларация ООН 1972 г.», «Всемирная Хартия природы», принятая Генеральной Ассамблеей ООН в 1982 г. и «Декларация по окружающей среде и Развитию», принятая на Конференции ООН в Рио-де-Жанейро в 1992 г.) реализация государственных управленческих решений должна быть направлена на сокращения выбросов в атмосферу.

Согласно жестким требованиям нормативных директив ЕС для наиболее значимых источников эмиссии в атмосферу установлены предельные значения выбросов по наиболее опасным загрязнителям, в т. ч. оксидам серы и азота, которые должны быть достигнуты производственными объектами с учетом поэтапного сокращения воздействия. Сопоставление проектных данных по выбросам от объектов сжигания топлив с требованиями в соответствии предельными значениями содержания (концентрации) в дымовых газах, установленных для новых производственных объектов, согласно директив ЕС, показаны в таблице 2.

Таблица 2

<i>Источник выброса</i>	<i>Загрязняющее вещество</i>	<i>Концентрация (проектируемый КГПН компании Axens), мг/м³</i>	<i>Концентрация (проектируемый КГПН компании SI-NOPEC), мг/м³</i>	<i>Предельное значение для новых производств¹, мг/м³</i>
Труба выброса отработанных газов от котла утилизатора СО	SO ₂	100	110	800
	Твердые вещества	Менее 50	Менее 50	50
	NO _x в пересчете на NO ₂	90	100	200
	SO ₂	15	20	35

Трубы технологических печей	Твердые вещества	–	5	5
	NO _x в пересчете на NO ₂	30	60	200
Труба термического окислителя хвостовых газов производства серы	Твердые вещества	–	–	5
	SO ₂	548	550	800
Примечание: ¹ – согласно Directive 2001/80/EC, предельные значения представлены с учетом характера сжигаемого материала (газы регенерации катализатора, содержащие твердую фазу, топливный газ, получаемый в технологическом процессе, хвостовые (отработанные) газы от процесса Клауса после очистки)				

Из данных табл. 2 следует, что по всем показателям выбранная технология соответствует минимально достижимым на современном уровне развития техники и технологий величинам эмиссии в атмосферу. Доля утилизируемых отходов проектируемого КГПН компании Axens – 92%, что является очень высоким показателем для современных технологических установок.

Результаты выполненного сравнения, данные приведенные в таблице подтверждают, что по всем показателям воздействия выбранная технология соответствует минимально-достижимым на современном уровне развития техники и технологий величинам эмиссии в атмосферу.

Поскольку именно атмосферный воздух, является компонентом окружающей среды, состояние которого имеет приоритетное значения для качества окружающей среды, в т. ч. как среды обитания человека, полученные результаты являются достоверным доказательством, что уровень экологической безопасности производства, предусмотренный проектными решениями, может быть оценен как «высокий» и подтверждают выводы о соответствии выбранной технологии уровню наилучших доступных технологий.

При определении лучших технологий были использованы обзоры имеющихся наилучших доступных технологий (Best available techniques Reference), публикуемых Европейской комиссией.

Заключение

Проведенный анализ выбранных технологий, проектных решений и организационных мер, а также математическое моделирование, анализ вариантов реконструкции предприятия и оценка техногенного воздействия от источников загрязнения окружающей среды показали преимущество технологий компанией Ахенс (Франция), проектное решение которой было рекомендовано авторами для строительства комплекса глубокой переработки нефти на Атыраузском НПЗ, что позволит достичь показателей характеристик топлив, соответствующих требованиям европейских стандартов при сохранении номинальной мощности АНПЗ.

Список литературы

1. Бормотов А.Н. Математическое моделирование и многокритериальный синтез композиционных материалов / А.Н. Бормотов, И.А. Прошин, Е.В. Королев. – Пенза: Изд-во Пензенской гос. техн. акад., 2011. – 352 с.

2. Бормотов А.Н. Методологические принципы математического моделирования и синтеза композиционных материалов из отходов нефтепереработки / А.Н. Бормотов, М.В. Кузнецова, Е.А. Колобова // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2013. – №2 (38). – С. 85–94.

3. Бормотов А.Н. Многокритериальный синтез композита как задача управления / А.Н. Бормотов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16. – №4. – С. 924–937.

4. Баженов Ю.М. Сверхтяжелый бетон для защиты от радиации / Ю.М. Баженов, А.П. Прошин, А.И. Еремкин, Е.В. Королев, А.Н. Бормотов // Строительные материалы. – 2005. – №8. – С. 6–9.

5. Бормотов А.Н. Исследование реологических свойств композиционных материалов методами системного анализа / А.Н. Бормотов, И.А. Прошин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2009. – Т. 15. – №4. С. 916–925.

6. Бормотов А.Н. Имитационное моделирование деструкции и метод прогнозирования стойкости композиционных материалов / А.Н. Бормотов, И.А. Прошин, Е.В. Королев // Вестник Ижевского государственного технического университета. – 2010. – №4. – С. 113–118.

7. Бормотов А.Н. Теоретические основы математического моделирования композитов из отходов нефтепереработки / А.Н. Бормотов, М.В. Кузнецова, Е.А. Колобова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – Т.1. – №9 (13). – С. 173–182.

8. Бормотов А.Н. Обоснование технологии утилизации отходов нефтеперерабатывающей промышленности при производстве экологически чистых композитов / А.Н. Бормотов, С.В. Тюрденева // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – №1 (17). – С. 109–112.

9. Справочник по удельным показателям выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для некоторых производств – основных источников загрязнения атмосферы. – СПб.: НИИ «Атмосфера»: МСЦ-В, 2005. – 125 с.