

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии
и техногенной безопасности

**Повышение эффективности блока гидроочистки установки
изомеризации пентан-гексановой фракции
ПАО «Саратовский НПЗ»**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТРСКОЙ РАБОТЫ

студента 2 курса 252 группы

направления 18.04.01 «Химическая технология»

код и наименование направления, специальности

Института химии

Аубекирова Ильяса Ислямовича

Научный руководитель

доцент, к.х.н.

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Т.В.Аниськова

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2018

В настоящее время вторичная переработка нефти имеет важнейшее значение для комплекса нефтепереработки в целом. Для увеличения глубины переработки, а самое главное для производства высокооктановых компонентов моторных топлив, отвечающих требованиям Евро-5, используются различные варианты переработки гидроочищенных фракций, среди которых наиболее современным является процесс изомеризации.

Установка изомеризации входит в состав комплекса изомеризации ПАО «Саратовский НПЗ» и предназначена для переработки пентан-гексановой фракции в высокооктановый компонент товарного бензина (с октановым числом не менее 91) по технологии низкотемпературной изомеризации «Изомалк-2».

На установке изомеризации существует ряд проблем, связанных с энергоэффективностью, одна из которых - недостаточное охлаждение газопродуктовой смеси, поступающей в сепаратор гидроочистки. Данная ситуация приводит к нарушению температурного режима сепаратора, вследствие чего повышенное содержание влаги в водородсодержащем газе отрицательно сказывается на работе компрессорного оборудования блока, приводит к снижению активности катализатора реактора гидроочистки и может стать причиной внеплановых остановок всего блока с целью регенерации катализатора и ремонта циркуляционного компрессора. В связи с этим разработка технических решений по повышению эффективности работы блока гидроочистки установки изомеризации является *актуальной задачей*.

Целью работы является разработка технических решений по повышению эффективности работы блока гидроочистки установки изомеризации путем установки дополнительного аппарата для охлаждения газопродуктовой смеси, поступающей в сепаратор гидроочистки. Мероприятия, направленные на повышение эффективности работы реакторного блока гидроочистки, являются актуальным направлением по модернизации предприятия в целом. При реализации данного проекта существенно сократятся расходы на

электроэнергию, потребляемую воздушными холодильниками-конденсаторами, а также сократятся риски перегрева оборудования в жаркое время года или при выходе из строя электродвигателей ХВ-101.

Научная новизна данной работы заключается во введении дополнительного холодильника, состоящего из двух секций, работающих последовательно, что повысит площадь теплопередающей поверхности и позволит охлаждать газопродуктовую смесь до требуемой температуры.

Работа состоит из 61 страниц, разбитых на главы. В данной работе 9 рисунков и 5 таблиц. Работа написана на основе 35 литературных источников.

Основное содержание работы

В первой главе магистерской работы осуществлен поиск литературных данных о теплообменных аппаратах, используемых в процессах нефтепереработки, а также представлено описание технологического процесса установки изомеризации.

В процессах переработки нефти и газа для обеспечения достижения необходимой температуры в аппаратах требуется подводить или отводить тепло. Для этого на технологических установках широко применяются специальные аппараты, называемые теплообменными (нагреватели, испарители, кипятильники, холодильники, конденсаторы и др.).

На изготовление аппаратов, предназначенных для нагрева и охлаждения потоков сырья, продуктов и реагентов, затрачивается до 40 % общего расхода металла на все технологическое оборудование. Высокая эффективность работы теплообменных аппаратов позволяет сократить расход топлива и электроэнергии, затрачиваемой на тот или иной технологический процесс, и оказывает существенное влияние на его технико-экономические показатели.

Применительно к нефтегазовой промышленности теплообменные аппараты классифицируются по способу передачи тепла и назначению.

В зависимости от способа передачи тепла теплообменники делятся на различные группы.

Поверхностные теплообменные аппараты, в которых передача тепла между теплообменивающимися средами осуществляется непосредственно через поверхность, разделяющую эти среды.

Аппараты смешения, в которых теплопередача между теплообменивающимися средами происходит при их непосредственном контакте. Для изготовления данных аппаратов смешения требуется, как правило, меньше металла, и в большинстве случаев они обеспечивают более эффективный теплообмен. Однако теплообменные аппараты смешения в процессах нефтепереработки часто нельзя использовать из-за недопустимости прямого соприкосновения теплообменивающихся сред.

В зависимости от назначения такие аппараты делятся на следующие группы.

Теплообменники, в которых один поток нагревается за счет передачи тепла от другого, получаемого в технологическом процессе и подлежащего в дальнейшем охлаждению. Применение теплообменных аппаратов на установке позволяет сократить расходы подводимого извне тепла (сократить расход топлива, греющего водяного пара и т.д.) и охлаждающего потока.

К данной группе теплообменных аппаратов относятся теплообменники для нагрева легкой или тяжелой нефти на технологической установке, осуществляемого за счет использования тепла отходящих с установки дистиллятов, остатка, а также промежуточного циркуляционного орошения; котлы-утилизаторы, где получают водяной пар за счет использования тепла нефтепродуктов, дымовых газов или катализатора на установках каталитического крекинга; регенераторы холода и др.

Нагреватели, испарители, кипяильники, в которых нагрев или частичное испарение происходит за счет использования тепла

высокотемпературных потоков нефтепродуктов или специальных теплоносителей (водяной пар, масло и др.).

В данных аппаратах нагревание или испарение одной из сред является целевым процессом, тогда как охлаждение горячего потока является побочным и обуславливается необходимостью нагрева исходного холодного потока.

Холодильники и конденсаторы, предназначенные для охлаждения потока или конденсации паров с использованием специального охлаждающего агента (вода, воздух, испаряющийся аммиак, пропан и др.). Охлаждение и конденсация в этих аппаратах являются целевыми процессами, а нагрев охлаждающего агента побочным. К таким аппаратам относятся холодильники и конденсаторы любой нефтегазоперерабатывающей установки, предназначенные для охлаждения и конденсации получаемых продуктов.

В настоящий момент на установке изомеризации существует ряд проблем, связанных с энергоэффективностью, одна из которых - недостаточное охлаждение газопродуктовой смеси, поступающей в сепаратор гидроочистки. Данная ситуация приводит к нарушению температурного режима сепаратора, вследствие чего повышенное содержание влаги в водородсодержащем газе отрицательно сказывается на работе компрессорного оборудования блока, приводит к снижению активности катализатора реактора гидроочистки и может стать причиной внеплановых остановок всего блока с целью регенерации катализатора и ремонта циркуляционного компрессора.

Таким образом, для обеспечения требуемого температурного режима сепарации газопродуктовой смеси предлагается выполнить холодильник Х-101 сдвоенным, состоящим из двух секций, работающих последовательно, что повысит площадь теплопередающей поверхности и позволит охлаждать газопродуктовую смесь до требуемой температуры.

Далее представлено описание технологического процесса установки изомеризации с описанием схемы и таблицами основных параметров и блокировочных позиций данного блока.

Во *второй главе* работы представлены технологические расчеты сдвоенного холодильника X-101, которые включают в себя тепловой и гидравлический расчет.

Предложено выполнить холодильник X-101 сдвоенным, каждая секция -восьмиходовая по трубному пространству и одноходовая по межтрубному, с плавающей головкой, поперечными перегородками в межтрубном пространстве, материал корпуса - сталь 09Г2С, трубного пучка – сталь 12Х18Н10Т. Расчет теплообменного аппарата включает определение необходимой поверхности теплопередачи, выбор типа аппарата и нормализованного варианта конструкции, удовлетворяющих заданным технологическим условиям оптимальным образом. Далее представлен алгоритм расчета теплообменного аппарата:

1. Уравнение теплового баланса: $Q = G_1 \cdot (I_{H1} - I_{K1}) = G_2 \cdot (I_{K2} - I_{H2})$.
2. Скорость потока газопродуктовой смеси: $w_1 = G_1 / (\rho \cdot f_{\text{мтр}})$.
3. Число Рейнольдса: $Re_1 = (w_1 \cdot d_3 \cdot \rho) / \mu$.
4. Коэффициент теплоотдачи: $\alpha_1 = Nu_1 \cdot \lambda / d_3$.
5. Скорость потока воды: $w_2 = G_2 / (\rho \cdot f_{\text{тр}})$.
6. Тепловое сопротивление отложений ГПС и воды на поверхности теплообмена:

$$\left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_{3H} = 0,0004 \text{ (} \mu^2 \cdot \text{K)} / \text{Вт}, \quad \left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_{3B} = 0,0005 \text{ (} \text{m}^2 \cdot \text{K)} / \text{Вт};$$

$\lambda_{\text{ст}} = 46,5 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ - коэффициент теплопроводности материала труб.

7. Расчетная площадь поверхности теплообмена составит:

$$F_p = \frac{Q}{k \Delta t_{\text{cp}}}$$

8. Общее сопротивление трубного пространства холодильника

$$\Delta P = \Delta P_1 + z(\Delta P_2 + \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_3) + \Delta P_4,$$

где ΔP_1 – потеря давления при выходе потока из штуцера в распределительную камеру, Па;

ΔP_2 – потеря давления при входе потока из распределительной камеры в трубки, Па;

ΔP_3 – потеря давления при выходе потока из трубок, Па;

ΔP_4 – потеря давления при входе потока в штуцер, Па;

$\Delta P_{\text{тр}}$ – потеря давления на трение в трубках, Па;

z – количество ходов теплоносителя по трубам. ;

9. Потеря давления на трение в трубках определяется по формуле

$$10. \quad \Delta P_{\text{тр}} = \lambda_{\text{тр}} \frac{L}{d_{\text{в}}} \frac{\rho_2 w_2^2}{2},$$

где $\lambda_{\text{тр}}$ - коэффициент гидравлического сопротивления трения.

Далее в работе представлены механические расчеты элементов холодильника, в ходе которых проверяются условия герметичности и прочности оборудования.

В четвертой главе представлены расчеты по монтажу оборудования.

В связи с установкой дополнительного холодильника необходимо разработать технологию его монтажа по следующим данным:

вес аппарата – $G_0 = 11$ т;

длина – 7,8 м;

ширина – 1,2 м;

высота – 1,68 м;

проектная отметка – 14,2 м.

Холодильник доставляется к месту монтажа в полностью собранном виде. Аппарат сгружается вместе с опорами на подготовленную площадку.

Подъем аппарата осуществляется методом отрыва от земли стреловым самоходным краном.

Оборудование устанавливают в соответствии с проектом горизонтально на опорную металлоконструкцию.

К корпусу аппарата приварены две опоры, расстояние между которыми соответствует нормальям и равно 3 м. Расстояние между опорами можно изменять в небольших пределах. Между корпусом и опорами аппарата помещаются подкладки из листовой стали, предотвращающие вмятины на корпусе.

Непосредственно перед монтажом оборудование строкуется стальными канатами в обхват. Для уменьшения усилий в ветвях стропов и уравнивания оборудования при подъеме и перемещении применяется траверса. Ушки стропов от траверсы надевают на крюк крана.

Аппарат перед подъемом на нужную отметку сначала приподнимают над землей на высоту до 0,5 м и выдерживают в таком положении в течение небольшого периода времени, чтобы проверить уравновешенность поднимаемого оборудования при уже выполненной строповке, натяжение стропов и канатов, а также исправность всех узлов, участвующих в подъеме. Приподнятое над землей оборудование не должно раскачиваться.

Подъем следует осуществлять плавно, без рывков; его немедленно останавливают, если обнаруживают заклинивание в блоках или полиспастах либо если на пути перемещения аппарата возникают препятствия.

Поднятый груз нельзя оставлять на весу продолжительное время; если подъем по тем или иным причинам приостановлен, груз опускают на землю или на проверенную, устойчивую площадку до устранения помех.

Подъем аппарата осуществляют на высоту 18 м от нулевой отметки до опор холодильника, поворотом на 90° перемещают к месту установки и опускают на подготовленную конструкцию (отм. 12,8 м) придавая проектное положение.

Опускание холодильника производят медленно. Необходимо следить за тем, чтобы не повредить опорные поверхности.

К трубопроводной обвязке приступают после окончательной проверки положения корпуса и закрепления болтов, соединяющих его опоры с опорной конструкцией. Неподвижная опора закрепляется намертво; гайки болтов подвижной опоры, имеющей овальные вырезы, не затягиваются на 1 - 1,5 мм, но фиксируются контргайками. Зазор между болтами и овальными вырезами должен располагаться в сторону возможного удлинения аппарата. Поверхности скольжения зачищаются так, чтобы исключить защемление. Положение теплообменника выверяют уровнем или отвесом, подкладывая, если это необходимо, под опорные плоскости стальные планки.

После выверки, закрепления опор холодильника и подключения всех коммуникаций производят гидравлические испытания аппарата и пуско-наладочные работы.

В *пятой главе* приведены технико – экономические расчеты, исходя из которых срок окупаемости проекта составит 2 года. Экономия за счет снижения нагрузки на электродвигатели составит порядка 1.3 млн. руб в год.

$\Sigma K = 2638387$ рублей – общие затраты на установку оборудования;

$\mathcal{E} = 1300000$ рублей в год – экономия.

$E = (1300000/2638387) * 100\% = 49,2 \%$ - экономическая эффективность.

Заключение

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. В работе разработаны технические решения по повышению эффективности работы блока гидроочистки установки изомеризации путем включения в технологическую схему дополнительного холодильника газопродуктовой смеси, что приведёт к увеличению межрегенерационного периода работы реакторного блока установки.
2. На основании проведенных расчётов предложена оптимальная конструкция холодильника. Основные размеры и параметры холодильника: вес аппарата - 11 т; длина – 7.8 м; ширина – 1,2 м; высота – 1,68 м.
3. Приведенные технико-экономические расчеты подтверждают целесообразность предлагаемых технических решений
4. Результаты работы были представлены в Московском государственном университете на Международной научной конференции "Ломоносов 2018", г. Москва. По результатам работы опубликовано 2 статьи в сборниках трудов.