

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

Расчет запаса мощности реактора гидрокрекинга

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента (ки) 4 курса 431 группы _____

направления 18.03.01 «Химическая технология» _____

код и наименование направления, специальности

Института химии

Яшина Дениса Сергеевича

Научный руководитель

доцент, к.х.н.
должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

О.В. Бурухина
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор
должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Р.И. Кузьмина
инициалы, фамилия

Саратов 2020

Введение. Бакалаврская работа Д.С. Яшина посвящена расчёту запаса мощности реактора гидрокрекинга.

В нефтеперерабатывающей промышленности наблюдается тенденция к увеличению глубины переработки нефти, улучшению качества нефтепродуктов, а также вовлечению в переработку все более тяжёлой и высокосернистой нефти. Это происходит из-за увеличения глубины добычи нефти и из-за истощения нефтяных ресурсов в месте добычи. Гидрокрекинг тяжелого сырья отвечает этим потребностям нефтеперерабатывающей промышленности, что приводит к особому интересу к данному процессу, а значит и к увеличению мощностей гидрокрекинга.

Среди процессов гидрокрекинга процессы, направленные на получение керосиновых и дизельных фракций в качестве основных продуктов, имеют наибольшее значение из-за высокого качества продуктов и высокого спроса на них.

Процесс гидрокрекинга вакуумного газойля осуществляется в трехфазном реакторе с неподвижным слоем катализатора (газ-жидкость-твёрдый катализатор). Газообразный водород контактирует с жидкой, в условиях процесса, нефтяной фракцией и проходит сверху вниз через реактор, заполненный гранулами твёрдого катализатора.

Наиболее распространенным сырьем для процесса гидрокрекинга является вакуумный газойль, хотя в некоторых случаях могут использоваться тяжелые вторичные фракции коксования и каталитического крекинга. В зависимости от условий процесса и используемых катализаторов основным продуктом гидрокрекинга может быть бензин, керосин или дизельное топливо.

Процессы гидрокрекинга могут быть классифицированы по степени конверсии сырья, из них выделяют мягкий, средний и глубокий гидрокрекинг. Типичная температура процессов гидрокрекинга составляет 350-430°C, давление 100-200 атм. (для мягкого гидрокрекинга 50-80 атм)

объемный расход сырья составляет 0,2 - 2 ч⁻¹, объемное соотношение водород / сырье - 800 - 2000 нм³ / м³.

Целью данной работы является расчёт запаса мощности реакторов гидрокрекинга при увеличении мощности на 433,6 тысячи тонн в год и на 500,0 тысяч тонн в год. Оценка работоспособности данных реакторов и расчёт их габаритов.

Для достижения цели поставлены и выполнены следующие задачи:

1. Расчёт установки гидрокрекинга при запасе мощности 433,6 тысячи тонн/год (21,6 %).
2. Расчёт установки гидрокрекинга при запасе мощности 500,0 тысяч тонн/год (25,0 %).
3. Расчёт габаритов нового реактора гидрокрекинга, в случае несоответствия проектным значениям.

Выпускная квалификационная работа Яшина Дениса Сергеевича «Расчет запаса мощности реактора гидрокрекинга» состоит из 48 страниц и содержит следующие главы:

Глава 1 – Литературный обзор;

Глава 2 – Расчёт установки и габаритов реактора гидрокрекинга.

Основное содержание работы. В первой главе выпускной квалификационной работы проведен литературный обзор. Рассмотрен процесс гидрокрекинга и описана его актуальность в современных реалиях. Рассмотрены катализаторы процесса и требования, предъявляемые к сырью процесса. А также рассмотрены технологические параметры процесса гидрокрекинга.

Перспективным методом облагораживания нефтяного сырья является процесс гидрокрекинга. Включение процесса в схему нефтеперерабатывающего завода экономически целесообразно, так как процесс является универсальным для практически любого вида сырья – от бензина до тяжелых остатков нефти. Выпускаемая продукция так же

обширна, так как есть возможность выпускать сжиженные газы, высокооктановые бензины, реактивное и дизельное топливо. Преимуществом процесса гидрокрекинга относительно других гидрогенизационных процессов является широкий ассортимент выпускаемой продукции, возможность проведения гидрообессеривания нефтяного сырья без подготовительных стадий, устойчивость катализаторов к каталитическим ядам.

В настоящее время известны следующие направления процесса гидрокрекинга:

- 1 Превращение бензиновой фракции для получения соединений изомерного строения;
- 2 Гидрокрекинг средних и тяжелых дистиллятов для выработки высокооктановых моторных топлив и малосернистых котельных топлив;
- 3 Гидрокрекинг с целью получения высокоиндексных масел.

В качестве сырья гидрокрекинга используют разделение на дистиллятное и остаточное. Дистиллятное сырье в процессе гидрокрекинга подразделяется на легкое (бензиновые и дизельные фракции) и тяжелое (вакуумный газойль, деасфальтизаты). К остаточному сырью обычно относят асфальтены и называют асфальтеносодержащим сырьем.

Требования к сырью гидрокрекинга различны, что обусловлено режимами ведения процесса гидрокрекинга и его назначением. Однако существует ряд требований свойственных для сырья гидрокрекинга. Так как азотсодержащие соединения сложнее перерабатываются в условиях процесса, то их содержание ограничено для гудрона 0,39 мас. %, а для вакуумного газойля 0,12 мас. %. Сырье с повышенным содержанием азота отводят для переработки на двухстадийном реакторном блоке, где происходит предварительное деазотирование на первой ступени.

Прежде всего катализаторы гидрокрекинга должны быть многофункциональны для обеспечения высокой активности при превращении нефтяного сырья. Изготовление каталитических систем для

процесса гидрокрекинга предусматривает наличие кислотных и металлических центров для обеспечения расщепляющей, гидрирующей и изомеризирующей функции. Расщепляющая активность катализатора характеризует количество легкого продукта, образованного при химическом превращении сырья. Для придания таких свойств используются катализаторы или носителя для их производства с высокой кислотностью. Для алюмосиликатов кислотность определяется отношением диоксида кремния и оксида алюминия. Принято, что чем меньше оксида алюминия в системе, тем выше расщепляющая функция катализатора. Селективность для реакции изомеризации характеризуется изомеризирующими функциями катализатора. По глубине обессеривания можно оценить гидрирующую активность каталитической системы.

В качестве основы для изготовления катализаторов гидрокрекинга обычно используют цеолиты двух основных типов: низкокремнеземистые с отношением $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,9-2,8$, и высококремнеземистые с отношением $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3 = 2,9-6,0$. К первому типу относят цеолиты NaX, NaA, CaX, CaA; ко второму – HY, NaY, CaY. Кроме того, применяется морденит и цеолиты ZSM-5, где силикатный модуль >10 . Цеолитная основа способствует повышению кислотной силы катализатора, что повышает степень превращения сырья.

Для процессов гидрирования сырья в процессе гидрокрекинга на активную поверхность носителя наносят металлы платиновой группы (платина, палладий, осмий), а также оксиды и сульфиды элементов VI группы периодической системы (молибден, вольфрам, хром) и элементы VIII группы (никель, кобальт, железо).

Температура гидрокрекинга при переработке нефтяных дистиллятов варьируется от 320 до 460°C. Повышение температуры снижает количество изопарафиновых продуктов. Наиболее целесообразно проводить процесс при температуре 360-380°C. Понижение температуры процесса проводится с целью переработки легких дистиллятов.

Для сохранения максимальной степени превращения необходимо поддерживать заданный расход сырья. Обычно объемная скорость подачи сырья для процесса гидрокрекинга составляет 0,5-2 ч⁻¹. Уменьшение длительности контакта сырья с активной массой катализатора снижает степень обессеривания сырья, поэтому при повышении объемной скорости подачи сырья необходимо проводить предварительную гидроочистку.

Давление процесса гидрокрекинга поддерживают не более 15 МПа, так как происходит образование ненасыщенных соединений и блокировка активных центров катализатора углеродистыми отложениями. Влияние давления на качество продукции представлено на рисунке 1.

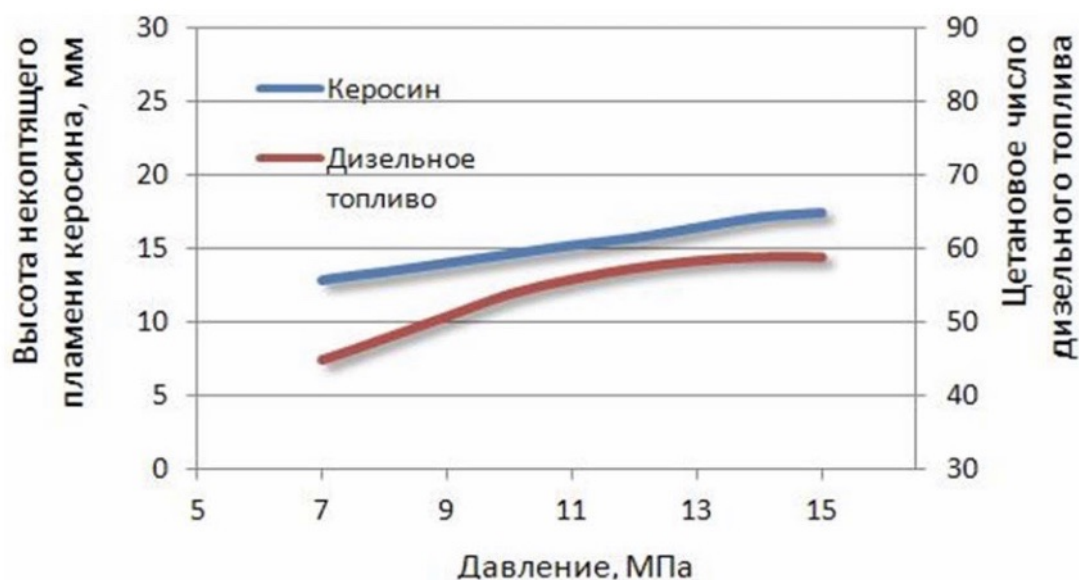


Рисунок 7 – Влияние давления на качество продукции

Для достижения максимальной степени превращения повышается расход водородсодержащего газа. Повышенный расход водорода необходим для гидрирования ароматических соединений, содержащихся в сырье. Так же без предварительной гидроочистки повышается расход водорода до 5,0 м³/м³ сырья. Процесс проводят в избытке водородсодержащего газа, с учетом повышения скорости химических реакций. Кратность циркуляции поддерживают в пределах 850-2500 нм³/ч.

Во второй главе проведены расчёты установки при увеличении мощности установки (от проектных 2,0 млн. т/год) гидрокрекинга на 21,6% и 25%.

Для начала мы рассчитываем мощность установки при увеличении её на 21,6%. Расчёты проводим для 1 ветки реакторов гидрокрекинга, а значит, что полученные значения умножаются на 2, т.к. установка состоит из 2-х параллельных веток (А и Б).

Проводим расчёт содержания серы в сырье, т.к. содержание меркаптановой серы после проведения процесса гидрокрекинга не более 0,001% масс. Глубина обессеривания составляет 99,96%

Определим кратность циркуляции ВСГ для того, чтобы водород имел доступ к активным центрам на катализаторе для реакции гидроочистки вакуумного газойля. Регламентные значение рекомендуют при превращении вакуумного газойля подавать водородосодержащий газ не менее 25200 нм³/час на каждый реактор в 2 параллельные ветки.

Состав ВСГ для процесса гидрокрекинга представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав промышленного ВСГ для процесса гидрокрекинга

Компонент	% об.	% масс.
Водород	99,9	98,9
Метан + Азот	0,1	1,1
Всего	100	100

Решая дифференциальные уравнения найдем массовое содержание дизельного топлива, легкого бензина и газа в газопродуктовой смеси для сведения материального баланса процесса. При решении использованы макрокинетические коэффициенты для температуры проведения процесса 433 °С. Зная энтальпию и расход сырья и продуктов процесса гидрокрекинга найдем количество теплоты для сведения теплового баланса. По тому же алгоритму мы рассчитываем установку при увеличении мощности на 25%. Сводим материальные и тепловые балансы. Суммарный материальный баланс установки представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Суммарный материальный баланс установки

Материальный поток	При увеличении мощности на 20%		При увеличении мощности на 25%	
	кг/ч	% масс.	кг/ч	% масс.
Приход:				
Вакуумный газойль	277 800	94,08	285 392	94,08
ЦВСГ:	17 462	5,92	17 940	5,92
-Водород	17 328	5,87	17 802	5,87
-Примеси	134	0,05	138	0,05
Итого:	295 262	100,00	303 332	100,00
Расход				
Газопродуктовая смесь:	283 812	96,12	291 566	96,12
-Газ	86 412	29,27	88 772	29,27
-Дизельное топливо	81 012	27,44	83 224	27,44
-Легкий бензин	48 606	16,46	49 934	16,46
-Остаток	54 008	18,29	55 482	18,29
-Сероводород	7 246	2,45	7 448	2,45
-Сухой газ	2 612	0,88	2 682	0,88
-Бензин	3 916	1,33	4 024	1,33
ЦВСГ:	11 450	3,88	11 766	3,88
-Водород	11 316	3,83	11 628	3,83
-Примеси	134	0,05	138	0,05
Итого:	295 262	100,00	303 332	100,00

Для внедрения установки с мощностью на 25% больше проектной необходимо заменить существующий реактор гидрокрекинга на подходящий по габаритам. Проведём расчёт габаритов нового реактора гидрокрекинга.

Найдём линейную скорость в реакторе по формуле, далее найдём объёмную скорость подачи сырья.

Найдём площадь сечения аппарата, а затем с помощью него и диаметр нового реактора.

Найдём объём катализатора необходимый для обеспечения необходимой степени превращения. С помощью объёма катализатора и площади сечения найдём высоту слоя катализатора.

Примем высоту межкатализаторной зоны равной 1,5м. Исходя из того, что слоёв катализатора у нас 4, то и межкатализаторных зон тоже 4. Сложив эти высоты мы найдем высоту необходимого нам реактора.

Выводы.

1. Произведён расчёт увеличения мощности установки гидрокрекинга, установлено, что возможно увеличение мощности работающей установки на 21,6% (433,6 тыс. т/год) без замены аппаратов установки гидрокрекинга.
2. Произведён расчёт увеличения мощности установки гидрокрекинга, установлено, что невозможно увеличение мощности работающей установки на 25,0% (500,0 тыс. т/год) без замены аппаратов установки гидрокрекинга.
3. При расчете реактора гидрокрекинга с 25%-ным избытком сырья от проектных значений (2 млн. т/год) диаметр установки необходимо увеличить с 2,75 до 2,92 м, что на 6,2% больше проектного расчета, а высоту реактора необходимо увеличить с 23,3 до 24,6 м, что на 5,6% больше запланированного.
4. При замене реактора гидрокрекинга на новый, срок окупаемости составит 22 мес.