

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Разработка мероприятий по устранению  
гидроударов на линии подачи питания в ректификационную колонну**  
АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 431 группы \_\_\_\_\_

направления 18.03.01 «Химическая технология» \_\_\_\_\_

код и наименование направления, специальности

Института химии

Капустина Владимира Сергеевича

Научный руководитель  
Профессор, д.т.н., профессор  
должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_   
подпись, дата

Ю.Я. Печенегов  
инициалы, фамилия

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

\_\_\_\_\_   
подпись, дата

Р.И. Кузьмина  
инициалы, фамилия

Саратов 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Комплекс по перевалке и фракционированию стабильного газового конденсата (далее СГК) мощностью 6 млн. тонн в год является современным сооружением, включает в себя установки по перегонке стабильного газового конденсата, относящиеся к разряду опасных производственных объектов.

Производство по переработке и фракционированию стабильного газового конденсата (далее – ПФСК), предназначено для ректификации СГК при атмосферном и повышенном давлении.

ПФСК предусматривается в составе двух технологических ниток (секции 100 и 200) производительностью по 3 млн. т/год. Диапазон производительности производства варьируется от 70% до 120%. Общая производительность ПФСК составит 6 млн т/год [1].

Несмотря на то, что на Комплексе применено современное оборудование, обеспечивающее максимально возможный уровень автоматизации технологических процессов, а также промышленной и экологической безопасности, предприятие является опасным производственным объектом, при эксплуатации которого могут возникнуть внештатные и аварийные ситуации.

Аварии на производстве могут иметь серьёзные последствия для жизни и здоровья людей.

В данной работе хотелось подробно рассмотреть явление опасного производственного фактора как гидроудар. Последствия возникновения гидроударов могут быть не предсказуемы, в зависимости от места и силы гидроударов. Характер гидроударов проявляется по-разному:

- от нарушения технологического режима;
- до разрушения оборудования или его частей.

В нашем случае, наиболее сильно гидроудары проявлялись в атмосферном блоке ПФСК - во время работы верхнего циркуляционного орошения (далее – ВЦО) и нижнего циркуляционного орошения (далее – НЦО) атмосферной колонны ПФСК.

Попробуем разобраться в природе возникновения гидроударов и найти оптимальное решение, которое позволит предотвратить возникновение гидроударов на ПФСК.

## **1 Возможные места возникновения гидроударов на ПФСК**

Гидроудары проявлялись в атмосферном блоке ПФСК во время работы верхнего циркуляционного орошения (далее – ВЦО) и нижнего циркуляционного орошения (далее – НЦО) атмосферной колонны К-102 ПФСК.

Основным элементом является сложная ректификационная колонна, которая имеет две боковые стриппинг секции. Стриппинг секции предназначены для дополнительной отпарки хвостовых фракций низкокипящих компонентов из высококипящих компонентов, разделяемой смеси углеводородов, в данном случае СГК.

Сложность конструкции обуславливается и наличием двух циркуляционных орошений колонны К-102: ВЦО и НЦО. Они предназначены для регулирования температуры по профилю атмосферной колонны К-102 и представляют собой систему, связанных между собой функционально, аппаратов и оборудования. С помощью орошений часть жидкой флегмы с глухой тарелки колонны К-102 забирается, охлаждается до необходимой температуры и возвращается в колонну, тем самым поддерживая определенную температуру на тарелке.

Рассмотрев технологическую схему атмосферного блока и определив фактические места проявления гидроударов, при практической эксплуатации установки, можно выявить несколько «слабых мест» технологической обвязки, рассмотрим их подробнее.

Отталкиваясь от этих факторов, можно разграничить зону распространения гидроударов на технологической схеме ВЦО и НЦО колонны К-102.

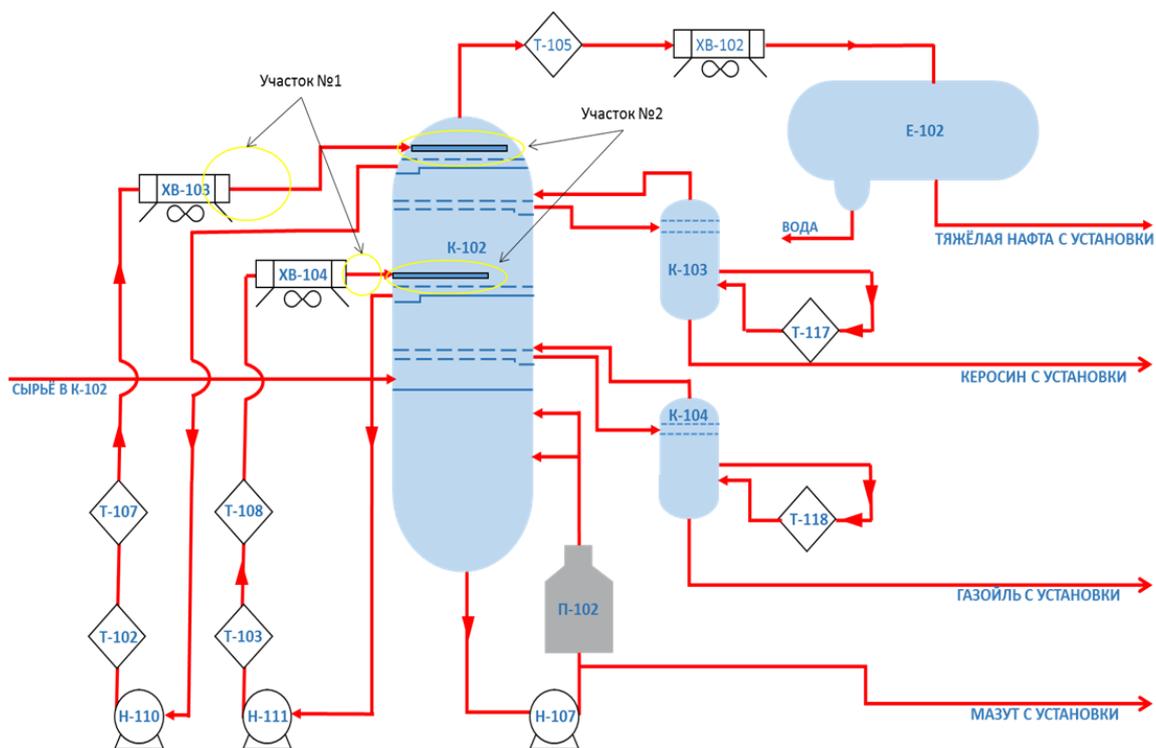


Рисунок 2. Принципиальная схема атмосферного блока с указанием участков возникновения гидроударов.

Устройство маточников ВЦО и НЦО принципиально не отличается, также схожа принципиальная схема обвязки блока воздушных холодильников ВЦО и НЦО, в виду большой схожести рассматривать схему каждого циркуляционного орошения (ВЦО и НЦО) не имеет смысла, поэтому рассмотрим на примере одного из них – ВЦО колонны К-102.

В технологическую схему ВЦО К-102 входят:

- насос;
- теплообменники;
- воздушные холодильники;
- устройство ввода ВЦО, относящиеся к внутренним устройствам колонны К-102, и играющее важную роль равномерного распределения подаваемой флегмы в колонну, для создания равномерного тока паров и жидкости по профилю ректификационной атмосферной колонны К-102.

Исходя из теории возможности возникновения гидроударов, стоит обратить внимание на два «слабых» места в схеме ВЦО К-102:

- места возможной резкой остановки тока жидкости, такое может произойти

при резких перепадах температур;

- при возникновении препятствий на пути истечения жидкости с высокой скоростью потока.

Теперь выделим позиции «слабых мест» в атмосферном блоке ПФСК.

**1 позиция:** участок трубопровода после аппарат воздушного охлаждения ХВ-103.

Технологическая схема подачи ВЦО включает в себя блок охлаждения потока жидкости в воздушных холодильниках, которые могут снимать до 30% тепла без включения двигателей лопастей холодильников, только благодаря проходу жидкости через их трубное пространство.

На данный момент технологическая схема не предусматривает наличие байпасной линии, помимо воздушных холодильников позиции ХВ-103, соответственно происходит постоянный съем тепла, что приводит к резкому перепаду температур до входа в холодильник и после, а как следствие резкое снижение кинетической энергии движения жидкости в трубопроводе, это может служить возможной остановке тока жидкости и, соответственно гидроудару.

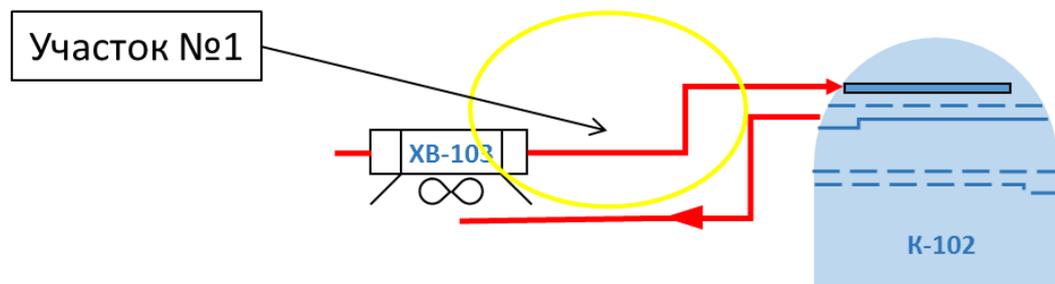


Рисунок 3.1. Принципиальная схема 1 позиции «слабых мест» в атмосферном блоке ПФСК.

**2 позиция:** маточник ввода ВЦО внутри колонны К-102.

В маточнике происходит образование газов в результате повышения температуры, когда поток заходит в питающее устройство. В результате возникает торможение жидкости из-за формирования области расширения газовой фазы, что провоцирует гидроудар.

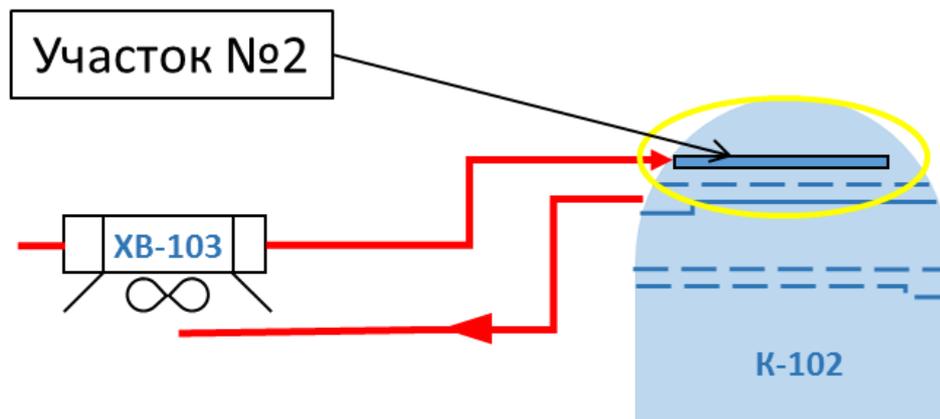


Рисунок 3.2. Принципиальная схема 2 позиции «слабых мест» в атмосферном блоке ПФСК.

## 2 Возможные причины возникновения гидроудара

На позиции 2 было предположено, что гидравлический удар проявляется себя в результате образования газовой подушки вокруг маточника. Так как нам не известно какое количество газа там находится, расчет питающего устройства становится затруднительным. Поэтому локализуем проблему на позиции 1.

В качестве причин возникновения гидравлических ударов на позиции 1 можно выдвинуть несколько гипотез.

1 В рассматриваемом нами верхнем циркуляционном орошении одним из возмущающих воздействий на расход нефти тяжелой, которая является продуктом перегонки, является температурный режим по колонне. Температурный режим, в свою очередь, может незначительно изменяться из-за нестабильности работы печи. Также на расход может влиять нестабильность исходного сырья, поступающего в колонну К-102 с колонны отбензинивания.

Вследствие этого могут быть отклонения расхода от регламентных значений, что может нести за собой разрежение или сжатие в верхней части нагнетающего трубопровода. Как итог, такие кратковременные скачки давления-гидроудары

могут являться серьезной проблемой и вызывать потерю устойчивости трубопровода, вызывая усталость труб.

2 Вторая гипотеза может быть предположена из-за «сезонности» возникновения гидроударов. Чаще всего они встречаются в летний период, из чего мы можем сделать вывод, что гидравлические удары — это следствие недостаточного охлаждения тяжелой нефти аппаратами воздушного охлаждения. В свою очередь это может вызывать образование паровой фазы в трубопроводе, которая будет приводить к торможению потока жидкости в трубе. Данное явление будет вызывать гидроудар.

### **3 Предлагаемые мероприятия по исключению возникновения гидроударов на ПФСК.**

1 Гидравлический аккумулятор применяется для поддержания стабильного давления жидкости в трубопроводной системе. Такие устройства выполнены в виде металлического герметичного бака с расположенными внутри эластичной мембраной и воздушным клапаном. В момент возникновения гидроудара, эластичная мембрана перемещается — это позволяет вместить излишек жидкости. Когда давление нормализуется, уменьшается, то мембрана возвращается в исходное положение под воздействием газа, расположенного с обратной стороны. Гидроаккумулятор монтируется в наиболее вероятном месте перепадов давления по ходу движение воды в системе [5].

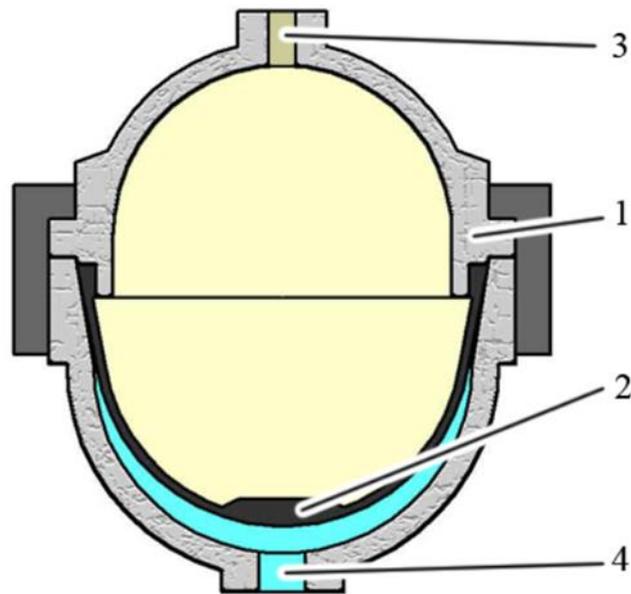


Рисунок 4. Мембранный пневмогидроаккумулятор

1-корпус аккумулятора;2-мембрана;3-клапан для закачки и выпуска газа;4-соединительный штуцер.

Установка будет проводиться в целях компенсации перепадов давления, вызванных флуктуациями расхода.

Для того чтобы узнать на сколько изменяется давление в трубопроводе для начала нужно рассчитать гидравлическое сопротивление обвязки, зависящее от расхода. Затем, примем колебания массового расхода в пределах 2% от регламентных значений и исходя из этих данных рассчитаем компенсатор [6].

2 Чтобы исключить образование паровой фазы нужно активизировать процесс охлаждения и приблизить температуру нефти тяжелой к наружной температуре. В качестве варианта решения проблемы можно предложить установку дополнительных АВО, которые позволят интенсивнее охлаждать поток и обеспечат более тщательный контроль температурного режима [7].

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1 Были рассмотрены гипотезы образования гидроудара на ПФСК. Первая гипотеза образования гидроудара — это изменение расхода из-за перепадов температурного режима в колонне и непостоянства сырья, поступающего в колонну. Вторая гипотеза — это образование паровой фазы и ее последующее вскипание при разгоне по довольно длительному участку трубопровода.

2 Были рассчитаны гидравлические сопротивления по трубопроводной обвязке. Наибольшее гидравлическое сопротивление наблюдалось у теплообменных аппаратов. Суммарный перепад давления на теплообменниках Т-102, Т-107 и аппаратах воздушного охлаждения ХВ-103 составил  $\Delta P=761474$  Па. Общее же гидравлическое сопротивление верхнего циркуляционного орошения составило  $\Delta P=1162138$  Па.

3 В качестве мероприятий по устранению гидравлических ударов были предложены мембранный бак аккумулятор для компенсации перепадов давления объемом 160 л и дополнительные аппараты воздушного охлаждения для предотвращения образования паровой фазы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Базовый проект «Установка ПФСК», для ООО «Новатэк – Усть-Луга», №18.00975-100, разработана фирмой ShellGlobalSolutions, 2019 г.
- 2 Френкель Н.З. Гидравлика: Учебное пособие, 1956 г.- 314 стр.
- 3 Лойцинский Л.Г. Механика жидкости и газа, 1973 г.-904 с.
- 4 Лемб Г. Гидродинамика, 1947 г.-690 с.
- 5 Илаев Б.В. Обзор и анализ конструкций гидравлического аккумулятора// Известия Горского государственного аграрного университета, 2011 г.-Т.48.-№1.- с.159-162.
- 6 Лоскутов И.П. К вопросу выбора гидроаккумулятора// Молодой ученый. 2010.-№3- с.3-7.
- 7 Судаков Е.Н. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки. Справочник. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.; Химия, 1979 г.
- 8 Стандарт организации СТО 80675261-02-2012 «Нафта тяжелая Технические требования» // Стандарт организации СТО 80675261-02-2012
- 9 Черников А.В. Обобщение расчета коэффициента гидравлического сопротивления трубопроводов // Наука и технология углеводородов, 1998 г.
- 10 17 ГОСТ 17375—2001. Детали трубопроводов бесшовные приварные из углеродистой и низколегированной стали. -М: СТАНДАРТИНФОРМ, 2010 г. -10 с.
- 11 Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления- 2-е издание, переработанное и дополненное, 1982 г.
- 12 Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям-3-е издание, 1992 г.
- 13 Мамченко В.О., Малышев А.А. Пластинчатые теплообменники в низкотемпературной технике и биотехнологических процессах: Учеб. пособие. СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. -116 с.