

РОЛЬ СИТУАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ У СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

Леонтьев В.С.¹, Романова Н.А.², Горленков Д.В.²

¹ЗАО «Безопасные технологии», Санкт-Петербург, e-mail: vsleontiev@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», Санкт-Петербург, e-mail: NataR18@gmail.com, denis.gorlenkov@gmail.com

Подготовку специалистов для работы на таких опасных производственных объектах, как нефтеперерабатывающие и металлургические производства, должна предварять скрупулезная оценка рисков возникновения негативных техногенных чрезвычайных ситуаций различной сложности. Необходимо определить уровень безопасности производства как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации, который сведет к минимуму эти явления. Но их факт исключить зачастую невозможно. Именно для этого и существует определение так называемого приемлемого риска аварийной ситуации. Подобные ситуации и риски необходимо прорабатывать и изучать в ходе образовательного процесса в вузах технического профиля. В данной статье на примерах организации практических занятий в Горном университете по курсам «Машины и аппараты нефтегазопереработки», «Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии», «Горные машины и оборудование», «Автоматизированные системы управления технологическими процессами в металлургии» и производственных практик показана целесообразность использования ситуационного моделирования, когда при решении задач на практических занятиях рассматриваются конкретные производственные ситуации и моделируются аварийные риски. Такой подход способствует выработке у студентов навыков и причинно-следственных связей, необходимых при решении реальных производственных задач при проектировании и эксплуатации технологий и аппаратуры.

Ключевые слова: профессиональное образование, подготовка бакалавров, техника безопасности, ситуационное моделирование, травматизм, аварийная ситуация.

THE ROLE OF SITUATIONAL MODELING IN CONDUCTING PRACTICAL CLASSES WITH STUDENTS OF TECHNICAL DIRECTIONS OF EDUCATION

Leontiev V.S.¹, Romanova N.A.², Gorlenkov D.V.²

¹ZAO «Safe Technologies», St. Petersburg, e-mail: vsleontiev@yandex.ru;

²St. Petersburg Mining University, St. Petersburg, e-mail: NataR18@gmail.com, denis.gorlenkov@gmail.com

The training of specialists for work at such dangerous production facilities as oil refining and metallurgical production should be preceded by a rigorous assessment of the risks of the occurrence of negative man-made emergencies of varying complexity. It is necessary to determine the level of production safety both at the design stage and at the operation stage, which will minimize these phenomena. But their fact is often impossible to exclude. For this purpose, there is a definition of the so-called acceptable risk of an emergency. Such situations and risks need to be worked out and studied in the course of the educational process in the universities of a technical profile. In this article, the examples of organizing practical classes at the University of Mines in the courses “Machines and equipment for oil and gas processing”, “Processes and equipment for oil and gas processing and petrochemistry”, “Mining machines and equipment”, “Automated process control systems in metallurgy” and production practices show the feasibility use of situational modeling, when, when solving problems in practical classes, specific production situations are considered and emergency situations are simulated suits This approach contributes to the development of students' skills and causal relationships that are necessary when solving real production problems in the design and operation of technologies and equipment.

Keywords: Professional education, training of bachelors, safety engineering, situational modeling, injuries, emergency.

Решение абстрактных задач в отрыве от конкретной ситуации не способствует выработке у студентов навыков и причинно-следственных связей, необходимых при решении реальных производственных задач при проектировании и эксплуатации технологий и аппаратуры. Поэтому при проведении практических занятий необходимо не только решать

задачи из рекомендованных сборников, но и предлагать обучающимся участвовать в разборе различных производственных ситуаций, касающихся, например, нарушения технологического режима работы установки, анализа причин и ликвидации последствий ухудшения условий эксплуатации оборудования или аварийных ситуаций на производстве.

Горный университет ведет подготовку бакалавров и магистров, которые в дальнейшем будут трудиться на взрыво- и пожароопасных производствах, таких как нефтеперерабатывающие, нефтехимические, газоперерабатывающие заводы, металлургические производства.

Все студенты, обучающиеся в Горном университете, проходят ежегодную практику на крупных нефтегазоперерабатывающих предприятиях, а также на металлургических предприятиях и обогатительных фабриках. При обучении студентов необходимо учитывать условия, в которых им предстоит проходить учебно-ознакомительные и производственные практики. Моделирование опасных производственных ситуаций помогает значительно снизить риск травматизма на промплощадке.

Целью работы являлась разработка методики формирования у студентов навыков быстрого реагирования и принятия правильного решения в аварийных ситуациях на производстве.

Материал и методы исследования

С целью формирования реальных ситуаций, возникающих при решении тендерных задач, при проектировании, изготовлении и эксплуатации оборудования необходим тесный контакт с действующими предприятиями. Горный университет контактирует с предприятиями нефтегазового комплекса и металлургическими предприятиями в части прохождения студентами ознакомительной и преддипломной практик.

Ситуационное моделирование проводилось на материалах Группы компаний «Безопасные Технологии», где успешно работают многие выпускники кафедры, в частности использовались данные о технологических и гидродинамических характеристиках насадочных контактных устройств типа П, ПР и ШЕВРОН.

Многие авторы в своих работах отмечают, что ошибки персонала и нарушение техники безопасности чаще всего являются причиной возникновения аварийных ситуаций [1-3]. В частности, в [3] указано, что должность оператора технологических установок на нефтеперерабатывающем заводе является наиболее опасной с точки зрения травматизма, на долю оператора выпадает не менее 20% всех травм, причем чаще всего в получении травмы виновен сам работник «из-за недостаточного уровня подготовки работников в области охраны труда, из-за низкого уровня культуры производственных отношений и неумения принять оптимальное решение в условиях дефицита времени и психофизиологических

перегрузок» [3].

Как правило, сущность самих аварий и происшествий, причины их возникновения и последствия для жизни и здоровья людей, производства, а также экосистемы напрямую связаны с анализом заключений по расследованию технических инцидентов, происшедших ранее [4]. Процесс обучения будущих специалистов для данного направления производства должен строиться с учетом этих заключений.

На сегодняшний день статистика производственного травматизма на порядок лучше, чем, к примеру, 10-15 лет назад, и политика крупных предприятий направлена на сохранение здоровья персонала и создание безопасных условий труда.

При обучении студентов в рамках дисциплин, связанных с получением знаний по работе на крупных промышленных объектах, необходима проработка некоторых наиболее важных пунктов техники безопасности, связанных с:

- изменением или внедрением нового технологического процесса;
- заменой или модернизацией оборудования, приспособлений и инструмента;
- применением новых материалов, веществ и т.п. в других случаях, когда действующие ранее требования безопасности оказались недостаточными ввиду изменения условий работы.

В Горном университете, как и во многих вузах технического профиля, которые специализируются на подготовке персонала для промышленных предприятий, одним из обязательных предметов является «Безопасность жизнедеятельности».

Будущие инженеры и специалисты в рамках курса изучают охрану труда на производстве, средства санитарной и технической защиты, основы проведения инструктажей и профподготовки вновь прибывшего персонала, профилактику и анализ случаев травматизма. Кроме того, в программе курса: изучение мер безопасности от взрывов при работе с электроприборами, радиоактивными изотопами, тяжелыми грузоподъемными установками, а также предупреждение возгораний и пожаров, нормы освещения рабочего места, забота о чистоте воздуха и сбережение водных ресурсов, разработка планов размещения металлургических технологических линий. Охрана труда является неотъемлемой частью дипломного проекта выпускников. При должном уровне знаний студенты после выпуска могут в полной мере осуществлять организационную работу по охране труда и отвечать предъявляемым к ним требованиям [5].

В ходе учебно-ознакомительных практик студенты знакомятся с некоторыми общими мероприятиями технического свойства:

- монтаж защитных ограждений и предохранительных приспособлений;
- определение размещения и установка сигнализаторов опасности и датчиков;

- обеспечение работников средствами индивидуальной защиты;
- выполнение предварительных работ по расчету, проектировке, производству и планированию расстановки оборудования с целью обеспечения безопасности и удобства осуществления технологического процесса.

Теоретические навыки, полученные во время практических занятий в вузе, могут быть применены студентами непосредственно на предприятии. В то же время знания, полученные в ходе практик, используются при дипломном проектировании и решении ситуационных задач на практических занятиях.

При проведении практических занятий по курсам «Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии» и «Машины и аппараты нефтегазопереработки» наиболее сложными и актуальными являются разделы по расчету колонной и теплообменной аппаратуры.

Методика формирования практических навыков у студентов

Рассмотрим использование ситуационного моделирования при изучении данных курсов на примере расчета колонной аппаратуры. Задачи на практические занятия, курсовое и дипломное проектирования формулируются на основе реальных проблем, стоящих перед промышленными предприятиями.

В курсе «Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии» основной акцент делается на формирование навыков технологических расчетов колонн и вопросы оптимизации технологических режимов (температур, давлений, флегмовых чисел, эффективности колонн). Расчеты проводятся на основе моделирования в среде HYSYS.

Если задача объемная и выходит за рамки одного занятия, целесообразно разбивать ее на ряд более мелких подзадач.

При постановке задачи целесообразно выбрать одну из технологий нефтегазопереработки и нефтехимии, например блок выделения товарного фенола на совместном производстве фенола и ацетона, из технологической цепочки выделить аппарат, например колонну К-48, предназначенную для выделения товарного фенола, рассмотреть его основное назначение и предложить на первом этапе провести проверочный расчет технологических режимов в среде HYSYS. На данном этапе студенты осваивают выбор термодинамической модели, подбор КПД КУ (контактного устройства) и т.д. для адекватного описания существующего процесса. На втором этапе предлагается рассмотреть влияние технологических параметров, например изменение давления процесса, величины отбора дистиллята, флегмового числа (задается преподавателем) на работу колонны и предложить студентам на основе моделирования оценить возникшую ситуацию с точки зрения регламентных норм, предложить способы избежать возможных аварий за счет

коррекции или ограничения технологических режимов, повышения технологической устойчивости колонны и использования контуров регулирования. На третьем этапе предложить провести энергетическую оптимизацию работы колонны $N=f(R)R$ на основе построения кривых качества [6]. Решение задач и разбор технологических ситуаций, связанных с конкретными производствами, формирует у студентов навыки проектирования, расчета и оптимизации оборудования, принятия решений в аварийных и предаварийных ситуациях.

Рассмотрим колонну К-48 на блоке выделения товарного фенола.

Колонна работает при следующих регламентных нормах технологического режима (таблица) [7].

Технологические параметры колонны выделения фенола

Параметр	Значение
Расход питания, кг/час	12000
Доля отбора	0,89
Флегмовое число	1,4
Давление верха, абс., мм рт. ст.	30
Давление в кубе, абс., мм рт. ст.	300
Температура верха, °С	112
Температура куба, °С	140

Колонна снабжена 66 тарелками провального типа.

Рекомендуется построить занятие следующим образом.

1. Совместно со студентами обсудить назначение колонны, требования к качеству товарного продукта, допустимость примесей (качественно и количественно) в товарном потоке.

2. На основе известных составов питания, дистиллята и кубового остатка студентам предлагается смоделировать действующий аппарат и методом подбора определить КПД контактного устройства, после чего оценить адекватность выбранного термодинамического пакета для расчета паро-жидкостного равновесия путем сравнения полученного концентрационного и температурного профилей колонны с действительными значениями.

3. По имеющейся модели проанализировать влияние давления на четкость разделения. Данная колонна работает под вакуумом, что обусловлено высокими температурами кипения разделяемых веществ и возможностью разложения компонентов смолы при высоких температурах.

Проанализировать также влияние флегмового числа, отбора дистиллята, состава питания на качество товарного фенола. Используя построенный температурный профиль колонны, определить контрольную тарелку, по показаниям температуры на которой возможно судить о качестве продуктов. После проведенного анализа необходимо записать допустимые диапазоны значений всех технологических параметров, влияющих на процесс.

4. На следующем шаге проводится моделирование внештатной ситуации, в ходе которого можно рассмотреть различные варианты отклонения процесса от норм режима. Например, можно разобрать следующие возможные неполадки:

4.1 Повышение давления в кубе колонны с выходом за регламентные нормы.

4.2 Повышение температуры в кубе колонны с выходом за регламентные нормы.

4.3 Изменение температуры на контрольной тарелке.

4.4 Ухудшение качества товарного продукта в аналитической пробе при нормальных показателях технологического режима.

Рассмотрим подробнее ситуацию 4.1.

4.1.1 Повысилось давление в кубе колонны. При этом давление вверху колонны осталось постоянным, перепад давления по колонне начал возрастать, уровень в колонне упал. Расход пара на ПЭУ (пароэжекторная установка) не изменился. Причина: колонна захлебнулась.

Студент должен быстро принять решение, чтобы устранить неполадки. Необходимо снизить расход пара в кипятильник.

4.1.2 Повысилось давление в кубе колонны. Вверху колонны также зафиксировано повышение давления, при этом перепад давления по колонне остался постоянным. Датчик подачи пара на паровой эжектор сигнализирует о снижении количества пара на ПЭУ. Температура в кубе и вверху колонны возросла.

Студенту необходимо предложить решение по устранению возникшей проблемы: обеспечить регламентные значения пара на ПЭУ.

4.1.3 Повысилось давление в кубе колонны. Вверху колонны тоже повысилось давление, при этом перепад давления по колонне остался постоянным. Датчик подачи пара на паровой эжектор показывает, что расход пара на ПЭУ не изменился, вакуум на входе в ПЭУ также остался постоянным. Расход пара в кипятильник остается в пределах регламентных норм, расход воды в дефлегматор не изменился. Причина: пробита прокладка на линии ПЭУ и начался неконтролируемый подсос воздуха.

Студент должен быстро принять решение, чтобы устранить неполадки. Заменить прокладку на линии ПЭУ.

4.1.4 Повысилось давление вверху и внизу колонны, при этом перепад давления по

колонне не изменился. Расход пара на ПЭУ в норме. Уровень в колонне не изменился, расход пара в кипятильник не изменился, расход воды в дефлегматор не изменился. Причина: клапан регулировки подсоса инертного газа заклинило в открытом положении.

Студент должен предложить решение: закрыть клапан подсоса инертного газа на линии ПЭУ.

Вторым важным моментом формирования технологического мышления у студентов профиля «Оборудование нефтегазопереработки» является установление причинно-следственных связей между режимами работы оборудования и выбором соответствующей аппаратуры для проведения ректификации и сорбции. При выборе современных КУ проводятся гидродинамические расчеты с определением основных конструктивных характеристик колонн и КУ (диаметр, высоты переливов, количество клапанов и их геометрия, тип насадки, ее характерные размеры, гидравлическое сопротивление и т.д.). Расчеты проводятся с использованием специализированных программ-тренажеров, таких как «Тарелка» и «Насадка», разработанных в Горном университете.

Построение практических занятий также проводится на основе ситуационного моделирования. Рассматривается несколько ситуаций.

1. В существующем корпусе аппарата за счет замены КУ поднять производительность аппарата, при этом необходимо вместе со студентами проанализировать и сопоставить те или иные контактные устройства (по выбору преподавателя), оценить возможность их использования в конкретной ситуации с учетом свойств среды, давления в аппарате, производительности и необходимой общей эффективности колонны.

2. В существующем корпусе аппарата за счет замены КУ поднять эффективность аппарата.

3. На основе выбранных технологических режимов провести замену существующего колонного аппарата с выбором КУ. Оценить возможные затраты на новое контактное устройство, корпус аппарата с учетом их монтажа и транспортировки. Обсудить вопросы техники безопасности при выполнении требуемых операций.

Для каждой из ситуаций рассчитываются тарельчатые КУ, насыпные и регулярные насадки. В результате расчета определяется диаметр аппарата, конструктивные характеристики КУ, гидравлическое сопротивление аппарата, диапазон устойчивой работы, относительная стоимость.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате практических занятий с использованием ситуационного моделирования у студентов:

- 1) формируются навыки быстрого реагирования в части определения причины

возникших неполадок на производстве при проведении процессов ректификации и сорбции;

2) формируются навыки принятия решения с целью скорейшего устранения неполадок и избежания аварийной ситуации;

3) формируются знания в области путей повышения эффективности и безопасности ведения процесса, развивается умение производить расчет и выбор основного технологического оборудования с учетом требуемой производительности, свойств материалов и условий эксплуатации.

Заключение

Ситуационное моделирование позволяет повысить эффективность обучения студентов, обучающихся по техническим направлениям, в частности сформировать умение принимать решение в случае нарушения регламентных норм ведения технологического процесса, что в конечном итоге приведет к уменьшению числа аварийных ситуаций и снизит риск травматизма.

Список литературы

1. Ефимова А.В., Градобоева К.В., Шингаркина О.В. Производственный травматизм и проблема его неоднозначной статистики // Вестник молодого ученого УГНТУ. 2016. № 4. С. 52-57.
2. Проскура В.С., Галлямов М.А. К анализу причин возникновения аварийных ситуаций на объектах нефтехимического комплекса и выявление причин возникновения данных ситуаций // Вестник молодого ученого УГНТУ. 2016. № 3. С. 31-34.
3. Булавка Ю.А. Анализ производственного травматизма на нефтеперерабатывающем предприятии // Вестник Полоцкого государственного университет. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. 2011. № 3. С. 130-138.
4. Проблемы промышленной безопасности в металлургической отрасли. [Электронный ресурс]. URL: <https://1cert.ru/stati/problemy-promyshlennoy-bezopasnosti-v-metallurgicheskoy-otrasli> (дата обращения: 05.05.2019).
5. Охрана труда и техника безопасности в металлургии. [Электронный ресурс]. URL: <https://metallplace.ru/about/stati-o-chnoy-metalurgii/okhrana-truda-i-tekhnika-bezopasnosti-v-metallurgii/> (дата обращения: 05.05.2019).
6. Леонтьев В.С. Оптимизация одноколонных ректификационных аппаратов для химических технологий и процессов нефтепереработки // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2012. № 2. С. 265-275. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ogbus.ru/authors/Leontiev_6.pdf (дата обращения: 05.05.2019).

7. Башаров М.М., Лаптева Е.А. Модернизация промышленных установок разделения смесей в нефтегазохимическом комплексе: монография / Под редакцией А.Г. Лаптева. Казань: Отечество, 2013. 297 с.