

Министерство образования и науки Российской Федерации

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

Кафедра полимеров на базе ООО «АКРИПОЛ»

**Промышленная безопасность получения водного раствора акриламида  
биотехнологическим методом**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студентки 4 курса 441 группы

направления 20.03.01 «Техносферная безопасность»  
код и наименование направления, специальности

Института химии

Варзовой Вероники Витальевны

Научный руководитель

доцент, к.х.н.

должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Т.А. Байбурдов

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2018

## Введение

Во всём мире стремительно развивается промышленность, в том числе химическая. В связи с этим выявлена необходимость установить законодательное регулирование вопросов производства и использования опасных и токсичных веществ, чтобы снизить их влияние на окружающую среду. Промышленная безопасность стала одним из необходимых направлений для установки и поддержания контроля над этим воздействием.

Для обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов в Российской Федерации в 1997 году был принят федеральный закон 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектах», который определяет правовые, экономические и социальные основы эксплуатации данных объектов.

Согласно этому закону, существуют четыре класса опасных производственных объектов:

- I класс опасности - объекты чрезвычайно высокой опасности;
- II класс опасности - объекты высокой опасности;
- III класс опасности - объекты средней опасности;
- IV класс опасности - объекты низкой опасности.

Для объектов, на которых получают, используются, перерабатываются, хранятся, транспортируются, уничтожаются воспламеняющиеся, горючие, взрывчатые, токсичные и высокотоксичные вещества, класс опасности определяется исходя из количества самых опасных веществ, которые одновременно находятся или могут находиться на опасном производственном объекте.

В данной работе рассмотрен вопрос обеспечения безопасного производства акриламида на ОПО II класса ООО «АКРИПОЛ».

Акриламид (2-пропенамид)  $\text{CH}_2=\text{CHC}(\text{O})\text{NH}_2$  — амид акриловой кислоты, мономер. Акриламид является опасным веществом, относимым к классу 6.1 «токсичные вещества» и ко второму классу опасности. Он является важным химическим веществом, применяемым в процессе синтеза полиакриламида.

Сырьём для синтеза акриламида является акрилонитрил. Акрилонитрил (цианистый винил, винилцианид) - нитрил акриловой кислоты с формулой  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{N}$ . Акрилонитрил также является опасным веществом, относимым к классу 3 «легковоспламеняющиеся жидкости» и ко второму классу опасности. Это один из крупнотоннажных реагентов, важный для химического производства.

Целью данной работы является повышение мер безопасности получения акриламида биотехнологическим методом.

Для того чтобы достигнуть данную цель, необходимо решить следующие задачи:

- 1) Изучить нормативно-правовые документы и требования при производстве акриламида
- 2) Ознакомиться с мерами безопасности и предосторожности, а также необходимыми средствами защиты при производстве акриламида
- 3) Выработать обоснованные предложения по повышению безопасности производства акриламида

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении рассмотрено:** Актуальность уточнения показателей промышленной безопасности технологического процесса производства акриламида, поиска решения по улучшению мер безопасности при ведении данного процесса и разработке предложений на их основе.

**Содержание раздела 1:** В разделе приводятся общие сведения об акриламиде и акрилонитриле, их воздействии на человека, способы получения акриламида, используемые средства индивидуальной защиты и меры предосторожности.

Даны сведения об акриламиде и акрилонитриле, их физических и химических свойствах, их предельно допустимые концентрации. Далее идёт информация о воздействии данных веществ на человека, как они проникают в организм.

Далее предоставлены сведения о средствах индивидуальной защиты, их перечень, иллюстрации некоторых средств индивидуальной защиты, условия их использования и информация о дегазации.

**Содержание раздела 2:** В разделе приводятся общие сведения по технологии производства акриламида, её этапам, очистке раствора акриламида, описание блока №2, вероятные зоны действия поражающих факторов, возможные сценария возникновения, развития и вероятности реализации аварийной ситуации, меры безопасности при ведении технологического процесса, общие рекомендации по предупреждению опасных ситуаций, информация по разливам акриламида и акрилонитрила, расчёт избыточного давления для акрилонитрила.

Даны сведения о получения акриламида и условиях их проведения и реакциях. Более подробно дана информация о производстве акриламида биотехнологическим методом, этапы производства.

Существуют несколько промышленных способов получения акриламида: гидратация акрилонитрила в присутствии ферментов, гетерогенно-каталитическая гидратация акрилонитрила и сернокислотная гидратация акрилонитрила.

Основная область применения – производство полимеров акриламида.

Наиболее современный способ получения акриламида в промышленном масштабе основан на гидратации акрилонитрила в водной среде в присутствии ферментов штамма микроорганизмов *Rhodococcus rhodochrous* при мягких условиях (атмосферное давление, рекомендуемая температура реакции 10-25 С<sup>0</sup>).

Степень конверсии зависит от массы биокатализатора, температуры, скорости дозирования акрилонитрила и общего времени синтеза. В оптимальных условиях получения растворов акриламида с концентрацией до 40-45% степень конверсии акрилонитрила составляет более 99,9%. Селективность процесса – более 99,9%.

Оптимальные условия проведения процесса:

- Температура реакции – 15-25 С<sup>0</sup>;
- Продолжительность процесса синтеза 40-45% раствора АА, включая стадии очистки – 5-6 часов;
- Атмосферное давление.

Далее следует информация по блоку №2, характеристике опасных веществ, находящихся в блоке №2, оборудование, плане действий персонала при аварии уровня А, вероятные зоны действия поражающих факторов, о возможных сценариях возникновения, развития и вероятности реализации аварийной ситуации, план расположения технологического оборудования,

пожарохозяйственного инвентаря, средств противоаварийной защиты на отп. 7.200, 9.600 м..

Дана информация о мерах безопасности при ведении технологического процесса, о возможных опасностях, защите от накопления статического электричества, предупреждении разгерметизации трубопровода, общие рекомендации по предупреждению опасных ситуаций, опасностях разлива акриламида и акрилонитрила, симптомами поражения данными веществами и меры помощи пострадавшим.

В последней части предоставлены расчёт избыточного давления для индивидуальных горючих веществ на основе ГОСТ Р 12.3.047-2012, сравнение полученных результатов с типично предельно допустимыми значениями избыточного давления с точки зрения повреждения зданий, а также сделаны предложения по повышению безопасности при производстве акриламида биотехнологическим методом.

### **Расчёт избыточного давления для индивидуальных горючих веществ**

Наибольшую проблему составляет взрывоопасность акрилонитрила. Для снижения риска взрыва данного вещества следует произвести расчёт избыточного давления, развиваемого при сгорании акрилонитрила в производственном помещении, определить степень поражения при взрыве и сделать предложения на основе результатов.

Для расчёта критериев взрывопожарной опасности в качестве расчётного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии, при котором участвует наибольшее количество опасного вещества. В данном случае будет рассматриваться максимальное количество акрилонитрила в производственном помещении. Акрилонитрил, подающийся в реактор для производства, находится в мернике. Исходным будет количество вещества, содержащемся внутри данного аппарата. Расчёт произведён на основе ГОСТ Р 12.3.047-2012.

Избыточное давление для индивидуальных горючих веществ определяется по формуле:

$$\Delta P = 100 * (P_{max} - P_0) * \frac{Mr * Z}{V_{св} * \rho_{гп} * K_n * C_{ст}}$$

Где

$P_{max}$  – Максимальное давление в месте взрыва, при отсутствии данных допускается принимать равным 900 кПа;

$P_0$  – Начальное давление, допускается принимать равным 101 кПа;

$Mr$  – Масса паров ЛВЖ, кг;

$Z$  – Коэффициент участия паров во взрыве. Значение данного коэффициента является табличным, для акрилонитрила принимается равным 0,3;

$V_{св}$  – Свободный объём помещения, определяется как разность между объёмом помещения и объёмом, занимаемым технологическим оборудованием. Если свободный объём помещения определить невозможно, допускается принимать его условно равным 80% геометрического объёма помещения, м<sup>3</sup>;

$\rho_{гп}$  – Плотность пара горючего вещества при расчёте температуры в помещении, ГК/м<sup>3</sup>;

$K_n$  – Коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и нестабильность процесса горения газопаровоздушной смеси, допускается принимать равным 3;

$C_{ст}$  – Стехиометрическая концентрация паров ЛВЖ.

Плотность пара горючего вещества рассчитывается по формуле:

$$\rho_{гп} = \frac{\mu}{V_0(1 + 0,003677 * t_p)}, \quad \text{кг/м}^3$$

Где

$\mu$  – молярная масса горючего вещества, кг/кмоль<sup>-1</sup>;

$V_0$  – мольный объём газопаровоздушной смеси, равный 22,4 м<sup>3</sup>/кмоль<sup>-1</sup>;

$t_p$  – расчётная температура в помещении. В качестве расчетной температуры следует принимать максимально возможную температуру воздуха в данном помещении в соответствующей климатической зоне или максимально возможную температуру воздуха по технологическому регламенту с учетом возможного повышения температуры в аварийной ситуации. Если такого значения расчетной температуры по каким-либо причинам определить не удастся, допускается принимать ее равной 61 °С;

Стехиометрическая концентрация паров ЛВЖ рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,84 * \beta}, \%$$

Где

$\beta$  – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции, рассчитывается по формуле:

$$\beta = n_C + \frac{n_H + n_X}{4} - \frac{n_O}{2},$$

Где

$n_C$ ,  $n_H$ ,  $n_X$ ,  $n_O$  – число атомов С, Н, О и галогенов в молекуле горючего. [10]

Произведём расчёт:

Для начала рассчитаем стехиометрический коэффициент кислорода в реакции:

$$\beta = \frac{3 + 3 + 0}{4} = 3,75;$$



Полученное значение используем для расчёта стехиометрической концентрации паров ЛВЖ:

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84 * 4} = 5,221932, \%$$

Далее рассчитаем плотность пара горючего вещества при расчёте температуры в помещении:

$$\rho_{гп} = \frac{53,06}{22,4(1 + 0,003677 * 61)} = 1,934784, \text{ кг/м}^3;$$

Подставим имеющиеся данные в формулу расчёта избыточного давления для индивидуальных горючих веществ:

$$\Delta P = 100 * (900 - 101,3) * \frac{10 * 0,3}{354,4 * 1,934784 * 3 * 5,221932} = 22,30624 \text{ кПа.}$$

Сравним полученное значение с табличным, приведённым в ГОСТ 12.3.047-2012:

**Таблица 1 – Типичные предельно допустимые значения избыточного давления с точки зрения повреждения зданий**

Степень поражения	Типичные предельно допустимые значения избыточного давления, кПа
Средние повреждения зданий	28
Умеренные повреждения зданий (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.)	12

Значение 22,30624 кПА находится в промежутке между умеренными повреждениями зданий (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.) и средними повреждениями зданий. Так как данное значение указывает на наличие опасности для человека и о риске повреждения зданий при взрыве, следует принять меры безопасности. Для этого необходимо сформировать предложения по снижению опасности и рисков.

При производстве акриламида используется вещество второго класса опасности – акрилонитрил, которое является взрыво- и пожароопасным веществом. В ходе расчётов установлено, что при взрыве акрилонитрила, находящегося в мернике, возможны как умеренные повреждения зданий (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.), так и средние повреждения зданий.

Так как в мернике находится нужный для получения акриламида объём, необходимо внести изменения в технологическую схему. Для этого предлагается использовать дозировочный насос, который напрямую будет поставлять акрилонитрил в реактор для синтеза, минуя скопления нужного объёма данного вещества в мернике. Данное решение позволит снизить объём опасного вещества в производственном помещении и уменьшить опасность.

## **ВЫВОДЫ**

- 1) Изучены нормативно-правовые документы и требования при производстве акриламида
- 2) Было произведено ознакомление с мерами безопасности и предосторожности, а также необходимыми средствами защиты при производстве акриламида
- 3) Выработаны обоснованные предложения по повышению безопасности производства акриламида на основе расчёта избыточного давления паров акрилонитрила в помещении