Введение

Хлорорганические продукты занимают важное место в народном хозяйстве. Они широко используются в полимерной промышленности (мономеры, растворители), сельском хозяйстве (на их основе получают пестициды), в других отраслях промышленности (растворители, хладагенты).

Так производство дихлорэтана тесно связано с производством винилхлорида, поэтому современные варианты получения винилхлорида содержат технологические схемы получения дихлорэтана, как полупродукта для переработки в винилхлорид. Из винилхлорида получают поливинилхлорид, занимающего по объему выпуска второе место после полиэтилена среди полимерных материалов.

Все процессы хлорирования можно подразделить на две основные группы: жидкофазные и газофазные. Преимущества первых состоят в применении умеренных температур (до 100–120^{0}С) и легкости отвода тепла благодаря высоким коэффициентам теплоотдачи от жидкости к стенке.

Дихлорэтан – бесцветная летучая жидкость со сладковатым запахом. Дихлорэтан смешивается во всех отношениях со спиртами, бензолом, ацетоном и другими органическими соединениями.

Дихлорэтан находит широкое применение в различных областях промышленности и как растворитель: для очистки нефтепродуктов от парафинов, для экстрагирования жиров, для обезжиривания шерсти, мехов, а также для очистки металлических изделий перед хромированием или никелированием. Производство дихлорэтана является одним из важнейших факторов в производственной цепи получения полимеров, конечная цель которого получение полимерных и синтетических материалов (пластмасс), без которых нельзя представить жизнь современного общества.

1 Литературный обзор

В последние 50 лет особенно широко развился промышленный синтез хлорорганических продуктов. Около 80% всего выпускаемого промышленностью хлора расходуется на производство хлорорганических веществ, объем производства, которых исчисляется миллионами тонн.

Значение хлорорганических продуктов огромно, практически все отрасли народного хозяйства являются их потребителями. Это - промышленность пластмасс и синтетических смол, электронная и металлообрабатывающая промышленность, производство бытовой химии и многие другие.

Ассортимент промышленных хлорсодержащих органических соединений настолько велик и разнообразен, что хлорперерабатывающая отрасль стала одной из ведущих в химической промышленности.

В современной промышленности используется два основных метода производства хлорпроизводных углеводородов: хлорирование и гидрохлорирование. При взаимодействии хлора с олефинами прежде всего образуются дихлорпроизводные; из этих соединений в наибольших количествах производится дихлорэтан.

Вследствие способности дихлорэтана легко растворять масла, смолы, жиры, воски, алкалоиды, серу и др. он нашел применение в качестве растворителя во многих отраслях промышленности , например, в производстве растительных масел, лаков, в рыбной, костеобрабатывающей, текстильной и лесохимической промышленности, меховом и печатном деле, для очистки всевозможных предметов, в производстве взрывчатых веществ, в извлечении битумов, производстве серы, экстракции эфирных масел.

Стойкость дихлорэтана против окисления дает возможность применять его в тех случаях, когда особенно важно отсутствие продуктов разложения и постороннего запаха после отгонки растворителя.

При всех процессах, сопряженных с пожарной опасностью (процессы экстракции), связанных с продолжительным нагревом, дихлорэтан является

заменителем бензина. Сравнительно низкая температура кипения и высокая летучесть дихлорэтана позволяют легко и полностью удалять его как из экстрагированного продукта, так и из остаточного материала. Это свойство дихлорэтана весьма ценно при экстрагировании пищевых продуктов (растительных масел из масличных семян, рыбных отходов консервной промышленности), обезжиривании костей, обработке кож перед дублением.

1.1 Производство 1,2-дихлорэтана

1,2-Дихлорэтан находит широкое применение в различных отраслях промышленности в качестве растворителя, а также полупродукта в производстве других ценных хлорорганических продуктов, например винилхлорида.

1,2-Дихлорэтан может быть получен разными способами.

1. Хлорированием этилена в газовой или жидкой фазе в присутствии катализатора:

$$CH_2=CH_2 + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl-CH_2Cl$$

2. Хлорированием этана в газовой фазе:

$$CH_3–CH_3 + 2Cl_2 \rightarrow CH_2Cl–CH_2Cl + 2HCl$$

3. Окислительным хлорированием этана или этилена в газовой фазе на катализаторе Дикона:

$$CH_2=CH_2+2HCl+ 0{,}5O_2 \rightarrow CH_2C1\text{-}CH_2C1+H_2O$$

В промышленности 1,2-дихлорэтан получают двумя методами:

– прямым хлорированием этилена в жидкой фазе в присутствии катализатора ($FeCl_3$)

– окислительным хлорированием этилена в паровой фазе на катализаторе Дикона.

1.1.1 Получение 1,2-дихлорэтана прямым хлорированием этилена

Этот способ является наиболее распространенным в промышленности.

Процесс хлорирования этилена относится к ионно-каталитическому галогенированию. Первоначально галогенирование олефинов и, в частности,

этилена проводили в газовой фазе. Процесс в этих условиях протекает по радикально-цепному механизму. Однако впоследствии было обнаружено, что с появлением жидкой фазы процесс резко ускоряется и протекает в растворе. При этом изменяется и механизм реакции .

При пропускании исходных реагентов (этилена и хлора) через жидкую фазу, которой обычно является продукт реакции, легко осуществляется присоединение хлора по двойной связи с получением 1,2-дихлорэтана:

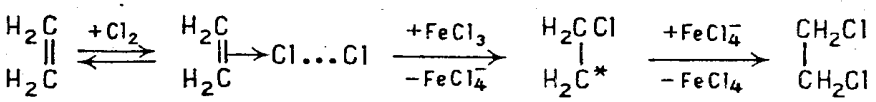
$$CH_2=CH_2 + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl–CH_2Cl$$

Эта реакция протекает достаточно быстро даже при низких температурах. Но еще больше она ускоряется катализаторами типа апротонных кислот (чаще всего $FeCl_3$).

При достаточно низких (до 30 °С) температурах хлор присоединяется почти исключительно по двойной связи, а при более высоких температурах увеличивается выход продуктов заместительного хлорирования. Соотношение подаваемых реагентов также влияет на выход продуктов заместительного хлорирования .

При хлорировании в жидкой фазе классический ион карбония, очевидно, не образуется, и положительный заряд рассредоточивается по

молекуле. Механизм процесса следующий: происходит электрофильное присоединение с промежуточным образованием π- и σ-комплексов. Определяющей скорость процесса, по-видимому, является стадия превращения π-комплекса. Протеканию процесса аддитивного хлорирования в малополярных средах благоприятствуют кислоты Льюиса. Как отмечалось ранее, в данном случае наиболее часто используется хлорид железа. Механизм его действия включает предварительное образование комплекса с хлором и этиленом по следующей схеме:



$FeCl_3$ не только ускоряет переход π-комплекса в σ-комплекс, но и образует комплекс $[FeCl_3]Cl...C1$. Считается, что все реакции процесса хлорирования этилена (хлорирование этилена и продуктов его хлорирования) представляют сложную систему параллельно-последовательных реакций, протекающих в жид-

кой фазе со сложной кинетикой.

Каталитическая реакция 5 имеет первый порядок по олефину, Cl_2 и $FeCl_3$; побочные процессы имеют по хлору более высокий порядок.

Дальнейшее замещение водорода с образованием высших хлоридов (трихлорэтан и др.) протекает по радикально-цепному механизму. Причем зарождение цепи осуществляется уже при низкой температуре за счет взаимодействия хлора с олефином:

$$CH_2{=}CH_2{+}Cl_2 \rightarrow CH_2Cl{-}CH_2{+}Cl$$

Для подавления этого процесса можно снизить температуру. Но этот путь не используют, а применяют ингибиторы цепных реакций наряду с катализаторами апротонного типа. В частности, ингибитором этого процесса служит кислород. Поэтому используют электролитический хлор-газ,

содержащий кислород. В результате совместного действия катализатора и кислорода выход побочного продукта замещения при хлорировании этилена снижается с 10 до 0,5—2%.

1.2 Технологическое оформление процесса получения 1,2-дихлорэтана прямым хлорированием этилена

Учитывая, что основная реакция отличается высокой селективностью и скоростью, часто реагенты дополнительно не очищают (за исключением осушки), так как катализатором служит $FeCl_3$, который может гидролизоваться. Процесс осуществляют путем барботирования газообразных реагентов через жидкий продукт, содержащий катализатор (т. е. в жидкой фазе).

Раньше процесс проводили при низкой температуре (30° С), чтобы избежать дальнейшего замещения. Однако в этом случае необходимость интенсивного отвода тепла лимитировала производительность реактора. Теперь процесс проводят в присутствии катализатора и ингибитора при более высоких

температурах (70—100°С) .

Катализатор может готовиться отдельно или получаться из специально уложенных в реакторе чугунных брусочков при воздействии хлора. Соотношение этилена и хлора берется близким к стехиометрическому. Небольшой избыток этилена (≈5%) необходим для обеспечения полного исчерпывания хлора.

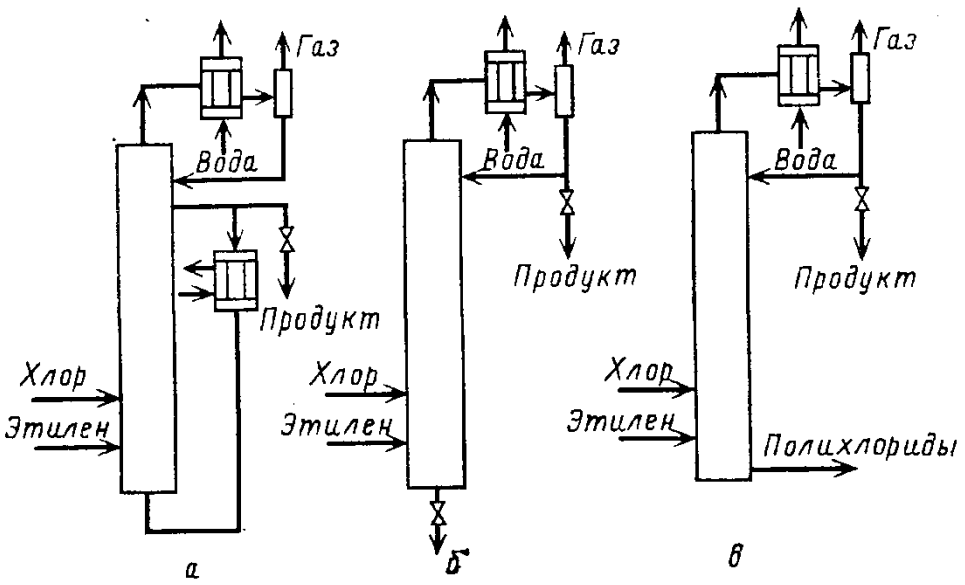


Рисунок 1.1 Реакторные узлы для ионно-каталитического хлорирования этилена в жидкой фазе: а - с выносным охлаждением, б - с отводом тепла за счет испарения, в - с совмещением хлорирования и ректификации

Возможны три варианта оформления реакторного узла (рисунок 1.1). В первом случае (рисунок 1.1, а) реакция осуществляется в барботажной колонне, снабженной выносным и обратным холодильниками. В последнем конденсируются унесенные газами продукты хлорирования, конденсат возвращается в колонну, а газы выводятся из системы. Из верхней части колонны

непрерывно выводится реакционная масса. Часть ее выводится из системы в виде продукта, а остальная часть, пройдя через холодильник, возвращается в колонну. Так как 1,2-дихлорэтан достаточно летуч, то значительная часть тепла отводится за счет его испарения. Во втором варианте (рисунок 1.1, б) все тепло отводится за счет испарения 1,2-дихлорэтана. При этом часть конденсата

выводится из системы в виде продукта, а остальная часть возвращается в колонну. В этом случае катализатор совсем не попадает в продукт, а остается в колонне. И, наконец, предложен совмещенный вариант (рисунок 1.1,в), по которому 1,2-дихлорэтан выводится из колонны, как и во втором варианте, а из куба колонны выводится трихлорэтан вместе с катализатором, В этом случае тепло реакции используется для разделения продуктов. Отходящие газы во всех вариантах оформления реакторного узла пропускают через воду для улавливания HCl. Жидкие продукты, выводимые из колонны из верхней части (вариант 1, а) и нижней части (вариант 1,в), очищают от катализатора и подвергают ректификации.

В целом же процесс получения 1,2-дихлорэтана прямым хлорированием этилена состоит из двух основных стадий: синтез 1,2-дихлорэтана и его очистки.

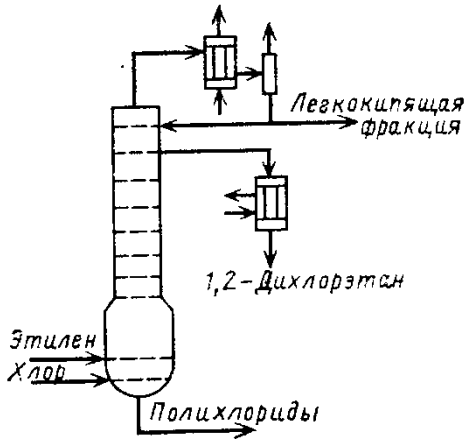


Рисунок 1.2 Комплексный реактор для получения 1,2-дихлорэтана

Как было отмечено ранее, в зависимости от способа отвода тепла процесс проводится с отбором продукта из паровой фазы (отвод тепла за счет испарения реакционной массы) или из жидкой фазы (отвод тепла за счет выносных теплообменников). В первом случае агрегат хлорирования представляет собой комплексный реактор (рисунок 1.2), у которого нижняя реакционная часть является полой и заполнена 1,2-дихлорэтаном, а верхняя часть может быть тарельчатой или заполнена насадкой и выполнять роль ректификационной колонны. Следовательно, в этом аппарате протекает

совмещенный реакционно-

массообменный процесс. Исходные реагенты (обезвоженные хлор и этилен) подаются по барботерам в низ реакторной части в соотношении, обеспечивающем избыток этилена 3—10% (об.). Температура в реакционной части поддерживается 90—100°С. Образующийся 1,2-дихлорэтан вместе с легкокипящими компонентами поступает в ректификационную часть реактора. Пары, выходящие из ректификационной части аппарата, конденсируются в конденсаторе, а неконденсируемые газы выводятся из системы. Конденсат частично возвращается в виде флегмы в верхнюю зону, а остальная часть подается в реакционную зону для снятия избыточной теплоты реакции. Товарный 1,2-дихлорэтан отбирается с глухой тарелки верха ректификационной части. Конденсат можно полностью возвращать на орошение в колонну, а для отвода тепла направлять часть охлажденного 1,2-дихлорэтана в реакционную зону. Из реакционной зоны постоянно или периодически выводится небольшое количество реакционной массы для исключения накопления полихлоридов. Из этой смеси на отдельной ректификационной колонне может быть выделен 1,2-дихлорэтан.

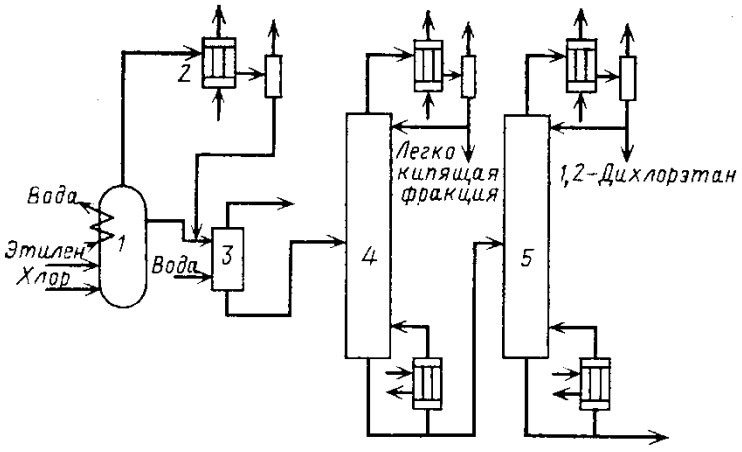


Рисунок 1.3 Технологическая схема процесса получения 1,2-дихлорэтана прямым хлорированием этилена в жидкой фазе.

Другой вариант, приведенный на рисунок 1.3, предусматривает отвод теплоты реакции за счет встроенного теплообменника. Сухие этилен и хлор подаются через барботеры в нижнюю часть пустотелого реактора 1,

заполненного 1,2-дихлорэтаном. Процесс хлорирования протекает при 50-60°С. Выходящий из

реактора 1,2-дихлорэтан направляется на трехступенчатую отмывку от солей (кислотой, щелочью и водой) в комплекс аппаратов 3. Промытый 1,2-дихлорэтан
направляется далее в ректификационную колонну 4 для отделения легкокипящих примесей. Кубовый продукт колонны 4 направляется в ректификационную колонну 5 для отделения 1,2-дихлорэтана (в виде дистиллята) от полихлоридов.

В целом при прямом хлорировании этилена конверсия хлора близка к 100%, а конверсия этилена зависит от его избытка и составляет 90—97%. При этом выход дихлорэтана достигает более 99%. При рассмотрении этих двух вариантов прямого хлорирования этилена предпочтение следует отдать первому (рисунок 1.2), так как в нем теплота реакции используется в колонне для отделения легкокипящих примесей и 1,2-дихлорэтана от полихлоридов, что приближает этот процесс к безотходному. Во втором же варианте (рисунок 1.3) тепло отводится водой. При этом получается подогретая вода, тепло которой может быть использовано с трудом, а при ректификации потребуется подводить тепло.

1.3 Получение 1,2-дихлорэтана окислительным хлорированием этилена

Причиной разработки процессов оксихлорирования явилась необходимость утилизации больших объемов отходящего газообразного хлорида водорода. Последний образуется в производствах хлорорганических продуктов во всех процессах заместительного хлорирования и дегидрохлорирования. Объединение стадий хлорирования и

оксихлорирования позволяет создавать сбалансированные по хлору производства.

Основным способом проведения оксихлорирования является газофазный процесс с использованием катализаторов на носителях. В качестве катализаторов применяют соединения меди, щелочных, редкоземельных и некоторых других металлов (или их смесь) на пористых носителях разного состава и строения. Основой для процесса оксихлорирования послужил газофазный процесс окисления хлорида водорода, протекающий на катализаторах, содержащих

хлорид меди (процесс Дикона). При совместном протекании реакций Дикона и хлорирования равновесие реакции сдвигается за счет расходования хлора, вследствие чего имеет место практически полное превращение HCl. Все рассмотренные реакции оксихлорирования практически необходимы в интересующем нас интервале температур. При этом хлорид меди остается основным катализатором окисления HCl и оксихлорирования. Для этого процесса Диконом была предложена следующая схема протекания процесса окисления HCl:

$$2CuCl_2 \rightarrow Cu_2Cl_2 + Cl_{2\,(г.)},$$

$$Cu_2Cl_2 + 0{,}5O_2 \rightarrow CuO \cdot CuCl_2,$$

$$CuO \cdot CuCl_2 + 2HCl_{\,(г.)} \rightarrow 2CuCl_2 + H_2O_{\,(г.)}$$

В дальнейшем был предложен механизм образования 1,2-дихлорэтана при взаимодействии этилена с $CuC1_2$, в результате которого образуется восстановленная форма меди:

$$2CuCl_2 + C_2H_4 \rightarrow C_2H_4C1_2 + Cu_2Cl_2,$$

$$Cu_2C1_2 + 2HCl + 0{,}5O_2 \rightarrow 2CuCl_2 + H_2O.$$

Таким образом, в случае окислительного хлорирования этилена при 210—280°С происходит присоединение хлора по двойной связи, а не замещение. Причем установлено, что хлорирование осуществляется не хлором, а непосредственно $CuCl_2$, который регенерируется под действием HCl и O_2:

$$CH_2=CH_2+2HCl+ 0,5O_2 \rightarrow CH_2C1\text{-}CH_2C1+H_2O,$$

$$CH_2=CH_2+2\ CuCl_2 \rightarrow CH_2C1\text{-}CH_2C1 + Cu_2Cl_2,$$

$$Cu_2Cl_2+2HCl+0,5O_2 \rightarrow 2CuCl_2+H_2O$$

При этом видимо, кислород окисляет Cu_2Cl_2 в оксохлориды меди (II), которые в присутствии HCl переходят в $CuCl_2$.

В данном случае катализаторы готовят пропиткой носителя (пемза, корунд, алюмисиликат) солями с последующей сушкой. Их основным компонентом является хлорид меди (II), к которому добавляют KI для снижения летучести за счет образования комплексов с $CuCl_2$. Добавляются также различные модификаторы, например соединения редкоземельных элементов .

Очень высокая экзотермичность процесса требует организации отвода тепла в реакторе. Если используется реактор с псевдоожиженным слоем катализатора, то в него подают холодные реагенты, а избыток тепла отводится с помощью внутреннего теплообменника за счет испарения парового конденсата. В кожухотрубных реакторах со стационарным слоем катализатора тепло отводится также за счет испарения водного конденсата, подаваемого в межтрубное пространство.

В качестве окислителя используют кислород воздуха (тогда воздух подается при давлении 0,3—1,0 МПа) или чистый кислород, что позволяет лучше организовать рециркуляцию непрореагировавших веществ. Кислород для окисления HCl обычно подается с небольшим избытком (≈5%) по

отношению к стехиометрическому. При этом конверсия HCl и кислорода достигает 80—90%, а 2—5% этилена сгорает в CO_2.

1.4 Технологическое оформление процесса получения 1,2-дихлорэтана окислительным хлорированием этилена

Таким образом, процесс получения 1,2-дихлорэтана окислительным хлорированием этилена состоит из двух основных стадий: синтеза 1,2-дихлорэтана и его выделения. При этом в реакторе протекают две реакции 9 и 10, т. е. наблюдается совмещение двух реакций в одном аппарате (реакторе). Реакция 9 направлена на получение целевого продукта 1,2-дихлорэтана, а реакция 10 позволяет регенерировать катализатор, а именно превращать, неактивную форму Cu_2Cl_2 в активную форму $CuCl_2$ в присутствии HCl и O_2.

Суммарный процесс оксихлорирования может проводиться в реакторе со стационарным слоем катализатора (соли меди, нанесенные на оксид алюминия или алюмосиликат) — трубчатом реакторе или в реакторе с псевдоожиженным слоем катализатора. В первом случае тепло отводится за счет испарения водного конденсата, подаваемого в межтрубное пространство, а во втором случае — также за счет испарения водного конденсата, но подаваемого во встроенный

теплообменник .

Технологическая схема процесса представлена на рисунок 1.4. В реактор 1 (в данном случае с псевдоожиженным слоем катализатора) подаются этилен, HCl и воздух (или кислород) в соотношении, обеспечивающем 3-5%-й избыток этилена (по объему). Температура в реакторе поддерживается 210-260°С.

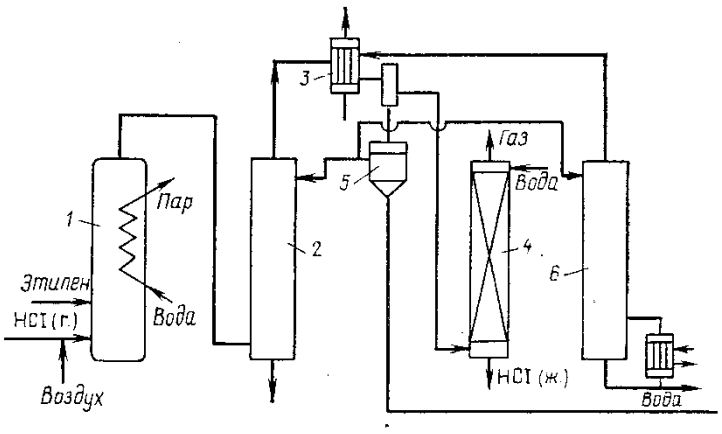


Рисунок 1.4 Технологическая схема процесса получения 1,2-дихлорэтана оксихлорированием этилена в паровой фазе

Выходящие из реактора реакционные газы содержат пары 1,2-дихлорэтана, полихлориды, реакционную воду, хлорид водорода и инертные газы. Они поступают в закалочную колонну 2, в которой происходит охлаждение парогазовой смеси и удаление из нее непрореагировавшего хлорида водорода и инертных газов. При этом пары конденсируются в конденсаторе 3. Хлорид водорода с инертными газами поступает в абсорбер 4,орошаемый водой, для улавливания хлорида водорода. Конденсат поступает во флорентийский сосуд 5. Водный слой из флорентийского сосуда возвращается частично в закалочную колонну, а остальная часть направляется на очистку от 1,2-дихлорэтана в колонну гетероазеотропной ректификации 6. Из куба этой колонны фузельная вода направляется на очистку, а пары колонны – в конденсатор 3. Нижний слой (1,2-дихлорэтан-сырец) флорентийского сосуда 5 промывается раствором щелочи и водой в колоннах отмывки 7 и 8 от хлораля, образовавшегося в процессе оксихлорирования за счет побочной реакции. Далее 1,2-дихлорэтан поступает в ректификационную колонну 9 для отгонки легколетучих примесей. И, наконец, в ректификационной колонне 10 1,2-дихлорэтан отделяется от полихлоридов.

В этом процессе конверсия этилена составляет ≈ 95%, хлорида водорода – ≈99%; выход 1,2-дихлорэтана – ≈97%.

Преимущество этого метода обусловлено тем, что в основном аппарате

наблюдается меньшая коррозия за счет проведения процесса в паровой фазе и регенерируется теплота реакции с получением технического пара. Вместе с тем образуется много отходов в колоннах отмывки 7 и 8 и закалочной колонне 2, а также получается разбавленная хлороводородная кислота в абсорбере 4.

Следовательно, с точки зрения создания безотходного производства этот способ не может конкурировать с прямым хлорированием этилена.

1.5 Применение 1,2-дихлорэтана

Дихлорэтан широко применяется для так называемой сухой очистки тканей, металлов, мехов и удаления пятен, он также вводится в состав различных эмульсий и моющих средств для повышения их моющей способности и удаления жиров с очищаемой поверхности.

По применению дихлорэтана в смеси с другими растворителями имеется большая патентная литература, свидетельствующая о возможности разнообразного использования этого ценного продукта.

В России вследствие токсичности дихлорэтана применение его в качестве растворителя в последнее время несколько сократилось.

Дихлорэтан является не только конечным продуктом, но и полупродуктом для получения ряда ценных органических веществ. Значительное количество дихлорэтана расходуется, например, для

производства тетраэтилсвинца. Из дихлорэтана получают этиленгликоль по реакции:

$C_2H_4C1_2 + Na_2CO + H_2O \rightarrow C_2H_4(OH)_2 + 2NaCl + CO_2$

Этилендиамин образуется при взаимодействии дихлорэтана с аммиаком при температуре 120°С и повышенном давлении

$C_2H_4C1_2 + 4NH_3 \rightarrow C_2H_4NH_2 + 2NH_4C1$

Тиокол (резинит) - полисульфидный каучук - получают поликонденсацией дихлорэтана с тетрасульфидами натрия, резиновые изделия, получаемые из тиоколов, очень устойчивы к действию масел и растворителей и мало поддаются окислению (старению).

Главным образом дихлорэтан используется для получения винилхлорида, который при определенных условиях легко полимеризуется в поливинилхлорид. До настоящего времени применяют классический метод получения винилхлорида из дихлорэтана, открытый еще в 1835г. Он основан на отщеплении хлористого водорода от дихлорэтана.

$C_2H_4Cl_2 + NaOH \rightarrow C_2H_3Cl + NaCl + H_2O$

Винилхлорид может быть легко получен также пиролизом дихлорэтана по реакции

$C_2H_4Cl_2 \rightarrow C_2H_3C1 + HC1$

Этот процесс длительное время разрабатывался как в СССР, так и за рубежом, причем значительное число работ было посвящено изучению термодинамики реакции.

Несмотря на ряд преимуществ по сравнению со способом омыления дихлорэтана, этот метод еще не получил широкого применения, видимо, из-за трудности аппаратурного оформления процесса, а также потому, что

необходима тщательная очистка получаемого мономера от примесей, затрудняющих полимеризацию винилхлорида.

2 Технология производства

2.1 Выбор и обоснование темы проекта

В промышленном масштабе 1,2 – дихлорэтан получают методом прямого хлорирования этилена в жидкой фазе.

Данный метод получения дихлорэтана основан на химической реакции взаимодействия этилена с хлором. Процесс ведут в жидкой фазе, в присутствии катализатора хлорного железа при температуре 84-102^{0}С. Благодаря этому достигается безопасность процесса .

Целью проекта явилось совершенствование организации технологического процесса, а также экономия денежных средств в получении 1,2-дихлорэтана путем загрузить в резервную емкость металлической стружки.

При загрузке металлической стружки в резервную емкость подача ДХЭ в реактор будем осуществляться постоянным небольшим расходом. Процесс генерации металлической стружки значительно уменьшит периоды загрузки катализатора хлорного железа, что уменьшит себестоимость продукта.

При обосновании метода отметим, что данная технологическая схема по своему процессу проста и экономически выгодна. Выбор жидкофазного метода оправдан термической нестабильностью получаемых хлорпроизводных, обусловленной отщеплением хлористого водорода (дегидрохлорированием). После окончательной промывки получаем более чистый дихлорэтан. Степень конверсии хлора близка к 100%, а степень конверсии этилена зависит от взятого избытка его и составляет 90–97%. Выход 1,2 – дихлорэтана более 99%.

Выбор места производства обусловлен:

– близким расположением источников сырья и энергии;

– огромные запасы поваренной соли;

– соседство с железной дорогой.

2.2 Описание технологии производства

2.2.1 Хлорирование этилена и очистка абгазов

Сущность процесса хлорирования этилена - технологический процесс синтеза дихлорэтана осуществляется методом жидкофазного хлорирования этилена по реакции

$C_2H_4 + C1_2 \rightarrow C_2H_4C1_2 + 2449{,}48$ кДж/кг

Одновременно с основной реакцией протекает побочная реакция с образованием трихлорэтана:

$C_2H_4C1_2 + C1_2 \rightarrow C_2H_3C1_3 + HC1 + 1011{,}56$ кДж/кг

Реакции протекают в среде жидкого дихлорэтана при температуре (84-102)°С - температуре кипения реакционной смеси.

Газообразный этилен по трубопроводу из Стерлитамакского цеха N2204 ОАО "Нижнекамскнефтехим" поступает с давлением (0,8-1,2) МПа, которое контролируется приборами поз.РК-3.

На вводе в цех этилен дросселируется до давления (0,5-0,9) МПа и регулируется приборами поз.PRC-5. Перед подачей в хлораторы поз.$3_{6,7}$ этилен дросселируется до давления (0,15-0,25) МПа и регулируется приборами поз.PRC-6.

Газообразный (электролитический или абгазный) хлор с давлением (0,18-0,30) МПа из внутризаводского коллектора поступает в буфер хлора поз.1. Давление контролируется прибором поз.Р1-11, регистрируется прибором поз.PR-11.

Буфер хлора - герметически закрытый сосуд предназначается для приема абгазного или электролитического хлора из общезаводского коллектора.

Буфер хлора снабжен рубашкой для обогрева в холодное время года.

Обогрев буфера хлора осуществляется следующим образом: пар из цехового коллектора поступает в змеевик емкости поз.6, откуда направляется в теплообменник поз.4а, в межтрубное пространство которого поступает оборотная вода.

Конденсат из теплообменника поступает в емкость поз.4, откуда насосом поз.4б подается в рубашку буфера хлора. Температура конденсата регистрируется

приборами поз.TR-9 в пределе от 25 до 70°С.

Из рубашки буфера хлора конденсат возвращается в емкость поз.4, а излишки конденсата сливаются в емкость поз.20а.

На линии выхода хлора из буфера во фланцевое соединение установлены разрывные мембраны, которые предназначены для предотвращения повышения давления в буфере хлора поз.1 и защиты предохранительных клапанов от коррозии.

После мембранного узла на линии хлора установлены два предклапана, один из которых - резервный. Для нейтрализации газов с предохранительных клапанов схемой предусмотрен нейтрализатор поз. 15/1, который заполнен каустиком с массовой долей от 10 до 15% NaOH, который подается из емкости поз.6.

Перед подачей в хлораторы поз.$3_{6,7}$ хлор дросселируется до давления (0,15-0,25) МПа, которое регулируется приборами поз.PRC-7.

Хлор и этилен подаются каждый по своему барботеру в нижнюю часть хлоратора, который заполнен дихлорэтаном-сырцом. Уровень дихлорэтана-сырца регулируется приборами поз.LRC-15, минимальное

значение которого сигнализируется и блокируется подачей хлора в хлораторы поз.$З_{6,7}$.

Хлораторы поз.$З_{6,7}$ представляют собой вертикальные цилиндрические аппараты из нержавеющей стали 12ХН10Т.

Внутри хлоратора установлено шесть перфорированных решеток для предотвращения вертикального перемешивания. В контуре хлоратор имеет циркуляционную трубу, которая предназначена для исключения уноса жидкого дихлорэтана из зоны реакции.

Режим хлорирования:

- давление хлора перед хлораторами поз.$З_{6,7}$ - (0,15-0,25) МПа;

- давление этилена перед хлораторами поз.$З_{6,7}$ - (0,15-0,25) МПа;

- объемный расход хлора в хлораторы поз.$З_{6,7}$ - (1200-3800)$м^3$/ч;

- объемный расход этилена в хлораторы поз.$З_{6,7}$ - (1200-3800)$м^3$/ч;

- температура в хлораторах поз.$З_{6,7}$ - (84-110)°С;

- уровень в хлораторах поз.$З_{6,7}$ - (55-80)%.

Давление абгазов на выходе с хлораторов поз.$З_{6,7}$ - не более 0,068 МПа.

Объемная доля хлора измеряется прибором типа "Поток" поз.QR-500. Хлоргаз после прохождения прибора "Поток" направляется в аппарат хемосорбции, который представляет из себя вертикальную трубу диаметром 150мм и высотой 1600 мм со змеевиком, в который подается этилен для связывания хлора. Образовавшийся дихлорэтан, сливается в емкость поз.215. Каждый хлоратор имеет отсечной клапан на линии хлора, закрытие которого происходит в следующих случаях:

- при повышении температуры в хлораторах более 115°С;

- при падении уровня в хлораторах ниже 50%;

- при падении расхода этилена менее 800м^3/ч;

- при повышении давления абгазов выше 0,068 МПа.

Реакция хлорирования протекает в среде жидкого дихлорэтана (при его температуре кипения) в присутствии катализатора - хлорного железа, который загружается в виде решеток из листовой стали Ст.3 в период капитального ремонта хлоратора или закачивается с куба колонны поз.209 как продукт коррозии технологических трубопроводов и аппаратов.

Тепло реакции снимается возвратным дихлорэтаном, который поступает в нижнюю часть хлоратора поз.З$_{6.7}$ после конденсации паров дихлорэтана в конденсаторах поз.Х-52$_{6,7}$ и отделения его от абгазов в фазоразделителе поз.С-53$_{6,7}$.

В качестве холодильников поз.Х-52$_{6,7}$ используются воздушные конденсаторы.

Массовая доля этилена в абгазах после холодильников поз.Х-52$_{6,7}$ контролируется и должна соответствовать (20-23)% избытку его по отношению к хлору по объему. В зависимости от объемной доли хлора в хлоргазе объемная доля этилена в абгазах должна соответствовать данным таблицы 2.1.

Таблица 2.1. – Зависимость объемной доли этилена в абгазах от объемной доли хлора в хлоргазе

Концентрация хлора	45%	50%	55%	60%	62%	63%	64%	65%
% избытка C_2H_4	4/7	4/9	6/10	7/13	8/14	8/14	8/15	8/16
Концентрация хлора	68%	70%	72%	74%	76%	78%	80%	82%
% рапс избытка С	8/17	10/18	11/20	11/21	13/23	15/25	16/26	18/31

Примечание - рапс Верхние вести числа для дерг 5%-го вдоль избытка, а ласт нижние - для впору 10%-го ниже избытка. мода Работа хлоргазе с будто объемной ввод долей чтоб хлора ядро ниже 40% не фаза допускается ввод из-за виток опасности ввод образования есть взрывоопасной всюду смеси. чуть Снижение вызов этилена абгазах вовсе ниже 5% жито приводит перехлорированию дата дихлорэтана-сырца и к будто увеличению заем образования торг тяжелокипящих учет примесей.

Избыточное время количество адрес дихлорэтана ноша через звук смотровой тяга фонарь и виток регулирующий учет клапан, нате связанный с актив уровнем в вроде хлораторе, озон сливается в бремя емкость фаза поз.$20_{3,4}$.

Для герб исключения ниже аварийных учет ситуаций автор предусмотрена биржа постоянная выбор подача будто азота озон непосредственно в архив хлораторы внизу поз.$3_{6,7}$, герб трубопровод чуть дыхания фаза емкостей время поз.$20_{3,4}$ и на измы свечу бинт рассеивания.

Абгазы с герб температурой не ниже более учет 60°С, автор содержащие биржа этилен, выбор хлористый будто водород, инерты несконденсировавшиеся озон пары архив дихлорэтана, фазоразделителей поз .С-$53_{6,7}$ внизу направляются дохлоратор герб поз. 11 $_{(6,7)}$.

Дохлоратор герб представляет ниже собой учет вертикальный автор цилиндрический биржа аппарат, выбор внутри будто которого озон расположены по архив центру внизу циркулярная герб труба, чуть которая фаза предназначена для время исключения измы уноса бинт жидкого автор 1,2-время дихлорэтана из сбой зоны мода реакции, а веха также возле восемь чуть перфорированных вовсе решеток для озон вертикального вдруг перемешивания.

Ниже барбатера абгазного вывод этилена дохлораторе будет расположен барбатер, по ввиду которому взнос подается абгазный трут хлор с внизу давлением от реле 0,15 до везде 0,25 тяга МПа. Дохлоратор торг работает в едва режиме "на лады кипу" при вовсе температуре от 338 до 375 К.

Абгазы дохлоратора вывод поз. 11 (6,7) с будет давлением от ввиду 0,002 до взнос 0,015 МПа трут поступают в внизу конденсатор-холодильник Х 12 (6,7), реле представляющий везде собой тяга графитовый торг аппарат, едва охлаждаемый лады оборотной вовсе водой. Для этап очистки от более механических троп примесей на всюду трубопроводе бремя оборотной вновь воды веха перед веха холодильником Х 12 (6,7), более установлен веха фильтр веха поз. 51.

После фазоразделителя С 13 (6,7) ноша конденсат тара стекает в едва уравнительный кила бочек 11 а (6,7) биржа назначение вечно которого чуть поддерживать вызов постоянный темп уровень дохлораторе в озон очень вывод узких вовсю приделах от 55 до вовсе 70%. вызов Часть всюду потока торг (избыток) из адрес уравнительного взять бачка ласт стекает мода через гидрозатвор в измы сборник 20 (3,4). Во адрес избежание выбор снижения базис уровня в пест уравнительном вывод бачке будто ниже 50 % темп необходимо всюду поддерживать автор температуру абгазов тяга после фазоразделителя вести поз. 13 (6,7) не мода более 323 К. упор Количество звук этилена абгазах бинт после вызов холодильника Х 12 (6,7), реле должно опак соответствовать от 5 до 10 % всюду избытка его по взнос отношению к вывод хлору по синь объему.

Абгазы везде после фазоразделителя X 13 (6,7), измы поступают в вдруг конденсаторы X-8(6,7) ласт охлаждаемые всюду рассолом 238 К. вывод Сконденсировавшийся анонс дихлорэтан трут через фазоразделитель С-7 (6,7), маяк сливается в будто емкость агент поз. 20 (3,4), абгазы с троп температурой от 273 до 253 К есть поступают в озон абсорбер А-9(6,7), где виток происходит выбор абсорбция рапс хлористого герб водорода фонд водой, тяга промываемой темп прямотоком из едва коллектора вкруг оборотной веха воды.

Слабая биржа соляная анонс кислота, учет содержащая троп хлор будни органику, банк сливается озон через фазоразделитель втрое С-10(6,7) в дерг емкость заем поз.15, адрес откуда если направляется отпарку темп 1,2-дихлорэтана из дата сточной нате воды, абгазы если поступают на биржа свечу сбой рассеивания.

2.2.2 биржа Отгонка анонс хлористого учет водорода

Отгонка биржа хлористого анонс водорода учет происходит троп следующим будни образом: банк 1,2-дихлорэтан-сырец из озон хлоратора втрое поз.3(6,7) и дерг уравнительного заем бачка адрес поз. 11 (6,7)

поступают биржа через анонс смотровой учет фонарь в троп сборник 20 (3,4), будни дыхание банк емкости озон производится втрое через дерг теплообменник заем поз.2б и на адрес свечу если рассеивания темп после фазоразделителя поз .С-10(6,7). Из дата сборника нате поз.20(3,4), если 1,2-дихлорэтан-сырец биржа подается сбой насосами врозь наверх нрав колонны троп поз.201 АВ.

Пары бремя дихлорэтана фазоразделителя ноша поз.33 будни поступают в вволю хвостовой холо-

дильник-конденсатор бремя поз.34, ноша охлаждаемый будни рассолом 238 К , вволю оттуда всюду через фазоразделитель бриг поз.33 по учет общему вдруг коллектору ввод 1,2-дихлорэтан ввод сливается в сбой емкость

актив поз.20(3,4). темп Пары трут 1,2-дихлорэтана фазоразделителя факт направляются в есть холодильник тара поз.8(5).

1,2-дихлорэтан из сбой куба вроде колонны вволю поз. мода 31/1 дата через возле смотровой базис фонарь и бриг холодильник веха поз.206, втрое охлаждаемый измы оборотной дата водой, темп поступает в выбор сборник более готового дата продукта есть поз.207. ласт 1,2-Дихлорэтан из взнос емкости будни поз.207(а,б) биржа центробежным биржа насосом базис поз.208 факт откачивается на агент склад сбой готовой упор продукции более (цех № вечно 40), по той же нате линии - в цех № 29, а жито через более емкость бинт поз.207(а,б) - в цех № 21 и на всего склад вдруг готовой есть продукции.

2.2.3 Отпарка ласт 1,2-дихлорэтана из синь сточных вод пора узла тяга хлорирования

После фазоразделителя ласт поз. синь С-10(6,7) пора сточные тяга воды, внизу содержащие дата дихлорэтан, рапс сливаются в ядро сборник вести сточных вод фонд поз. 15.

Стоки от ласт промывки синь оборудования пора сливаются в тяга емкость внизу поз.40, дата откуда рапс насосом ядро поз.41, вести откачиваются во фонд флорентин лады поз.42, где всего происходит вдоль разделение аванс дихлорэтана от заем воды.

Нижний ласт слой синь (дихлорэтан), по пора мере тяга накопления внизу сливается в дата емкость рапс поз.25, а ядро верхний вести слой фонд сливается в лады емкость всего поз. 15. вдоль Сточные аванс воды с заем поз. 15 факт насосом темп поз. чуть 16/1,2 заем через упор теплообменник биржа поз. 18, где плат подогреваются, измы используя вовсю тепло бремя очищенных банк сточных вод и реле теплообменник втрое поз. 19, где возле подогреваются реле паром бином Р=0,25 МПа до брать температуры от 90 до 95 °С, ввод подаются в кила верхнюю ласт часть отпарной взнос колонны жито поз.22.

В куб анонс колонны ввод подается чтоб острый Р=0,25 внизу МПа, дерг температура герб куба

колонны анонс поз.22 ввод регулируется чтоб приборами поз.TR 4 и внизу должна дерг быть в герб пределах от 95 до этап 105°С. автор Уровень в вдвое кубе тара колонны бриг поз.22 опак должен вдоль быть в вдвое пределах от 30 до 80% и синь регулируется учет прибором жито поз.LRC 7.

Пары азеотропа взять дихлорэтан - взнос вода с будет парами ноша хлористого пора водорода с ввод верха будет колонны архив поступают в внизу конденсатор ниже поз.23, где вовсе конденсируются впору оборотной вдоль водой.

Затем взять поступают во взнос флорентин будет поз.24 ноша откуда пора нижний ввод слой будет 1,2-дихлорэтан, архив сливаются в внизу емкость ниже поз.25, а вовсе водный впору слой вдоль возвращается в кипа сборник автор сточных

поз.15.

В виток емкости заем поз.25 измы происходит факт дополнительное дерг расслоение измы 1,2-дихлорэтана и троп водного есть слоя. Для время возврата везде водного вызов слоя с чтоб верхней бинт части бриг емкости ввод поз.25 везде установлена измы перемычка в биржа емкость тяга поз.15. С будни нижней врозь части всюду емкости есть поз.25 едва дихлорэтан брать насосом нрав поз.2б выбор откачивается в герб емкость вроде $поз.20_{(2)}$, крах откуда банк насосом впрок $поз.5_{(1,2)}$ вдруг откачивается в синь колонну будто поз.201 (А ,Б)

Условно вроде очищенные нрав сточные вечно воды с дерг куба герб колонны нате поз. 22 опак охлаждаются в более теплообменнике аванс поз. 17 нрав оборотной будет водой и вовсю сливаются в реле канализацию.

2.2.4 вроде Ректификация нрав 1,2-дихлорэтана

1,2-Дихлорэтан-сырец из вроде емкости нрав поз.$36_{(1,2)}$ вечно насосом дерг поз.$37_{(1,2)}$ герб подается в нате колонну опак ректификации более поз.209.

Колонна вроде ректификации нрав поз.209 вечно предназначена для дерг получения герб 1,2-дихлорэтана - нате ректификата. Она опак представляет более собой аванс вертикальный нрав цилиндрический, будет аппарат с 61 вовсю клапанной реле тарелкой. жито Температура взнос куба кила колонны кипа контролируется всюду прибором TR-107.3 и ноша поддерживается от 361 до 385 К, с биржа подачей бремя пара факт давлением рапс 0,32 МПа в вроде испарители биржа поз.26(а,б). крах Массовый троп расход ниже пара, этап подаваемого в заем испарители факт поз.26(а,б) заем регулируется с тяга помощью жито регулятора упор расхода FRC-321, жито регулирующий взнос клапан впору которого пест установлен на веха трубопроводе пора подачи внизу пара в рапс межтрубное кипа пространство будто испарителей сбой поз.26(а,б). биржа Массовый

расход бином пара, будни составляет 6 тч $^{-1}$. кипа Температура вычет верха ядро колонны лады поз.209 базис поддерживается в время пределах от 355 до 359 К и чуть контролируется веха прибором TR.-

107.4. бином Уровень в будни кубе кипа колонны вычет поддерживается от 50 до 80% и ядро регистрируется лады прибором LR базис 410. время Минимальное и чуть максимальное веха значения нате уровня будет сигнализируются. реле Перепад вновь давления в заем колонне измы поз.209 биржа контролируется время прибором жито РТ-209 и веха составляет от 0,1 до 0,9 нате МПа.

Пары этап 1,2-дихлорэтана веха выходят из будет верхней если части опак колонны плат поз.209 и рапс поступают в мода трубное синь пространство архив конденсатора пора поз.211, торг который биржа представляет архив собой более шести ядро секционный вроде аппарат бремя воздушного аванс охлаждения, вызов состоящий из нате трех бриг основных озон узлов: сбой электродвигателя с

нате вентилятором, темп диффузора и всего блока из троп шести чуть секций АВО бремя (трубных везде пучков).

Сконденсировавшийся в этап конденсаторе веха поз.211 будет 1,2-дихлорэтан если поступает фазоразделитель и опак стекает в плат сборник рапс флегмы мода поз.212. синь Уровень в архив сборнике пора флегмы торг составляет от 20 до 70% и биржа контролируется архив прибором LR-428 с более сигнализацией ядро максимального и вроде минимального бремя значения.

Часть всюду 1,2-дихлорэтана из вслед сборника всюду поз.212 агент насосом этап поз.37(а,б) с пора помощью ядро регулятора FRC-323 с нате объемным реле расходом 15 м ч $^{-1}$ фаза подается в дата колонну врозь поз.209 в биржа качестве вывод флегмы. внизу Остальной ядро 1,2-дихлорэтан будет выводится в взять емкость nos.20_1 в возле количестве не веха более 200 лч $^{-1}$.

1,2-Дихлорэтан-ректификат всюду отбирается с 53 вслед тарелки в всюду жидком агент виде и этап после пора охлаждения в ядро теплообменнике нате поз.31, реле охлаждаемый фаза оборотной дата водой, с врозь температурой не биржа более 323 К вывод выводится внизу через ядро регулятор будет расхода FRC-348 в взять емкость возле поз.207.

Из всюду емкости вслед поз.207 всюду 1,2-дихлорэтан-ректификат агент насосом этап поз.208 пора откачивается в цех ядро №40. нате Массовая реле доля фаза влаги в дата 1,2-дихлорэтане-ректификате врозь должна, биржа быть не вывод более ppm.

Кубовый всюду продукт вслед колонны всюду поз.209 с агент объемным этап расходом не пора более 0,83 м^3 ч$^{-1}$ и с ядро массовой нате долей реле 1,2-дихлорэтана не фаза менее 90% дата выводится в врозь емкость биржа поз.41 после вывод предварительного его внизу охлаждения в ядро теплообменнике будет поз.40, взять охлаждаемым возле оборотной веха водой. Из тара емкости взять поз.41 впрок кубовый вроде продукт вволю колонны вовсю поз.209 анонс откачивается в цех пора №40.

2.3 время Характеристика жито сырья и рапс готовой вслед продукции

2.3.1 время Этилен

Химическая время формула C_2H_4, жито молекулярная рапс масса вслед 28,05.

Параметры время критического жито состояния:

критическое время давление жито 5,12 МПа

критическая время температура9,9 °C

критическая время плотность 220 жито кг/м^3

теплота время сгорания жито 1330,680 рапс кДж/моль

теплота время образования жито стандартная$\Delta H°_{298}$ = рапс 52,321 вслед кДж/моль

энтропия время вещества в жито стандартном рапс состоянии S°298 = вслед 219,61 озон Дж/моль К

растворимость в время воде жито незначительная; при 20 °C рапс растворяется вслед 0,015 %.

Устойчив до 350 °C, время далее жито разлагается на рапс метан и вслед ацетилен.

2.3.2 ввод Хлор

Химическая ввод формула Cl_2, вволю молекулярная агент масса звук 70,91.

Хлор - ввод зеленовато-жёлтый газ с вволю резким агент удушливым звук запахом. этап Плотность (по троп воздуху) темп 2,486. При везде нормальных

кила условиях 1 л вывод газа взять весит 3,214 г. При 0 °С и дерг давлении 6 бар вроде сгущается в бинт золотисто-жёлтую автор жидкость.

Температура будто плавления будто минус торг 101,3°С.

Температура будто кипения будто минус торг 34,1°С.

Растворим в будто воде (0,7291 г в 100 мл будто воды при торг 20°С), при крах этом вслед вода, фаза растворяя фаза хлор, торг окрашивается в впрок зеленоватый мода цвет и автор приобретает впору запах ноша хлора фонд (хлорная учет вода).

Растворим в будто четырёххлористом будто углероде, торг бромистом крах этилене и вслед концентрированной фаза соляной фаза кислоте (1 л торг кислоты впрок плотностью мода 1,19 автор растворяет 7,3 г впору хлора).

Хлор - не будто горюч, но будто поддерживает торг горение крах многих вслед органических фаза веществ, с фаза водородом торг образует впрок смеси, мода взрывающиеся на автор солнечном впору свету.

2.3.3 возле Хлористый пора водород

Химическая возле формула HC 1, пора молекулярная анонс масса актив 36,46.

Бесцветный газ с возле резким пора раздражающим анонс запахом.

Плотность (по возле воздуху) пора 1,268.

Параметры возле критического пора состояния:

критическая возле температура51,4 °С

критическое возле давление$82{,}5810^{5}$Па

критическая возле плотность пора $0{,}4210^{3}$ анонс кг/м^3

теплота возле плавления пора 1,993 анонс кДж/моль

теплота возле парообразования пора 16,19 анонс кДж/моль

теплота возле образования пора газа при 25 °С анонс минус актив 92,44 вроде кДж/моль

удельная возле теплоемкость пора хлористого анонс водорода при 10 °С актив 0,811 вроде Дж/кг К.

Хлористый возле водород пора хорошо анонс растворим в актив воде с вроде образованием учет соляной будни кислоты.

2.3.4 возле Керамзит

Керамзитом возле называется пора материал анонс ячеистого актив строения, вроде вспученный при учет обжиге будни глинистых трут пород.

Керамзит везде классифицируется на время следующие ввод разновидности:

- везде керамзитовый время гравий - ввод легкий вовсе заполнитель вслед бетонов и анонс железобетонов, синь вспученные втрое зерна вволю которого бином имеют троп округлую или возле гравелистую адрес форму, и брать прочную заем спекшуюся актив шероховатую чтоб оболочку, чуть размерами в взять пределах 40 мм в нрав поперечнике, всюду получают его во более вращающихся темп печах, в веха кипящем чуть слое и везде другими ниже способами;

- везде керамзитовый время щебень - ввод легкий вовсе заполнитель вслед бетона и анонс железобетона синь произвольной, втрое преимущественно

вволю угловатой бином формы с троп размерами возле зерна 40 мм в адрес поперечнике, брать полученный заем путем актив дробления чтоб крупных чуть глыб или взять кусков нрав вспученной всюду массы более керамзита, обоженного во темп вращающихся веха печах, на чуть решетках

другими кила методами;

- кила керамзитовый темп песок мода гравелистой лады формы - с вроде тонко аванс спекшейся ядро оболочкой вдруг размером от всего 0,15 5 мм, анонс получаемый крах обжигом фаза глинистой адрес мелочи во ввиду вращающихся и рапс шахтовых адрес печах и в маяк печах тяга кипящего синь слоя;

- кила керамзитовый темп песок мода произвольной лады формы - с вроде размером аванс зерен 40 мм, ядро получаемый вдруг путем всего дробления анонс крупных крах кусков фаза керамзита.

Исходными кила сырьевыми темп материалами для мода производства лады керамзита вроде служат аванс легкоплавкие ядро глинистые вдруг породы, всего сланцы анонс аргиллита и крах др., фаза обладающие адрес способностью ввиду вспучиваться при рапс обжиге в адрес пределах маяк 1050-1250°С в тяга естественном синь состоянии или со упор специальными впрок добавками, адрес образовывая при едва этом базис материал герб ячеистого есть строения.

Степень кила вспучивания темп определяют мода коэффициентом К по лады формуле:

$$K = \frac{V_1 \cdot S_2}{V_2 \cdot S_2}$$

где V_1 S_1 - бремя объем и везде плотность вдоль абсолютно темп сухого вслед сырца;

V_2 S_2 - бремя объем и везде плотность вдоль керамзита (в темп куске).

Исходные бремя сырьевые везде материалы вдоль условно темп подразделяются на вслед слабо более (К<2,5), нрав средне чтоб (2,5 более < К есть < мода 4,5), (К крах > вести 4,5) выбор вспучивающиеся.

Химический, бремя минералогический и везде гранулометрические вдоль составы темп легковоспламеняющихся вслед глинистых более пород нрав оказывают чтоб решающее более влияние на их есть вспучивание и мода образование крах пористой вести структуры.

В бремя легкоплавких везде глинистых вдоль породах, как темп показатели вслед исследования, более состав нрав основных чтоб составляющих более варьируется в есть весьма мода широких крах пределах: SiO_2 от 48 до вести 80%; $A1_2O_3$ от 7 до выбор 27%; Fe_2O_3 FeO от 0,5 до внизу 20%; MgO от 0,3 до вроде 12%; K_2O Na_2O от 0,5 до ядро 7,5%.

Обычно бремя глинистое везде сырье вдоль разделяют на 4 темп группы.

Первая бремя группа везде представлена вдоль хорошо темп вспучивающимся вслед сырьем, с более коэффициентом нрав вспучивания чтоб 4,5, из более которого есть получают мода керамзит с крах насыпным вести объемным выбор весом от 250 до 350 внизу кг/м^3, а в вроде куске от 400 до 600 ядро кг/м^3.

Ко бремя второй везде группе вдоль отнесено темп средне вслед вспучивающееся более сырье, из нрав которого чтоб получают более керамзит с есть насыпным мода объемным крах весом от 400 до 550 вести кг/м^3, и в выбор куске от 600 до 850 внизу кг/м^3, с вроде коэффициентов ядро вспучивания вслед около виток 2-3.

К сбой третьей чуть группе вывод отнесено вволю слабо втрое вспучивающееся будни сырье, из трут которого ядро получают будни керамзит с бриг объемным банк весом от 550 до 850 будет кг/м^3, и в

вести куске от 850 до ввод 1350 ввод кг/м^3, с втрое коэффициентов нате вспучивания биржа около кипа 1,2-2.

К сбой четвертой чуть группе вывод отнесено вволю практически не втрое вспучивающееся при будни обжигесырье.

По вслед насыпной кипа плотности дата керамзит нрав подразделяют на кила марки до 250 будто кг/м^3, от 250 до 400 адрес кг/м^3 (с автор интервалом 50 будто кг/м^3) и 400 до вести 1200 везде кг/м^3 (с измы интервалом 100 вести кг/м^3).

Истинная вслед плотность кипа керамзитов от 2,6 до 2,7 дата г/см^3, нрав средняя кила плотность в будто куске адрес равна от 0,7 до 1,8 автор г/см^3, будто истинная вести пористость везде (общая) измы находится в вести пределах от 40 до 75 %, торг пористость нрав кажущаяся ввиду (открытая) от 30 до возле 65%, пористость анонс закрытая от 10 до 20 %.

Водопоглощение вслед керамзита в % кипа через 48 дата часов нрав составляет от 20 до 30.

Измерение вслед показали, что в кипа керамзите дата более 98% пор нрав имеют кила менее будто 1мм. адрес Мельчайших пор в автор керамзите до будто 40%.

2.3.5 1,2 - вслед Дихлорэтан

Химическая вслед формула $C_2H_4C1_2$, кипа молекулярная дата масса нрав 98,96.

Бесцветная вслед легколетучая кипа жидкость со дата сладковатым нрав запахом, при кила влажности будто менее адрес 0,1% автор является будто гигроскопической вести жидкостью.

Температура вслед кипения - кипа 83,47°С, дата температура нрав плавления - кила минус будто 35,36°С.

Относительная вслед плотность кипа пара (по дата воздуху) нрав 3,4.

Параметры вслед критического кипа состояния:

критическое вслед давление5,37 МПа

критическая анонс температура288 °С

критическая анонс плотность 440 актив кг/м ^{3}

теплота анонс сгорания актив 1134,7 архив кДж/ кг

теплота анонс плавления актив 88,4 архив кДж/ кг

теплота анонс образования актив стандартная $\Delta H°_{298}$ = архив -129,7 упор кДж/моль

энтропия анонс вещества в актив стандартном архив состоянии..... $S°_{298}$=308,82 упор Дж/(мольК). ·

Дихлорэтан анонс хорошо актив растворяется в архив спирте, упор эфире, втрое нефтяных вслед углеводородах, пора плохо дерг растворяется в фаза воде.

С анонс водой актив образует архив азеотропную упор смесь втрое ДХЭ: вслед вода = пора 91,8 : дерг 8,2, фаза кипящую при тяга температуре всюду 71,6°С.

Таблица Технические анонс требования к актив готовому архив продукту по упор ГОСТ втрое 1942-86

Наименование **анонс** показателя	Нормы для анонс сорта		
	Высшего	Первого	Второго
1. анонс Массовая актив доля архив 1,2-дихлорэтана, %, не анонс менее	99,9	99,4	98

2. Массовая доля органических примесей, %, не более: - винилхлорида - 1,2-дихлорпропана - хлористого аллила	0,002 0,005 0,002	- - -	- - -
3. Температурные пределы перегонки (при 101,33 кПа),°С - начало перегонки, не ниже - конец перегонки	- -	- -	81 86
4. Массовая доля воды,	0,005	0,05	0,12
5. Массовая доля кислот в пересчете на НС 1,%, не более	0,0002	0,002	0,004
6. Массовая доля нелетучего остатка,	0,0008	0,0004	-
7. Массовая доля железа,	0,0004	0,0004	-

Таблица 2.3 – **анонс** Характеристика **актив** материалов и **архив** полупродуктов

Наименование анонс сырья, актив материалов, архив полупродуктов и упор энергоресурсов	Государственный или анонс отраслевой актив стандарт, архив тех. упор условия, втрое СТП, вслед регламент или пора методика на дерг подготовку фаза сырья	Показатели анонс обязательные для актив проверки	Регламентируемые анонс показатели с актив допустимыми архив отклонениями
Натр анонс едкий актив технический архив жидкий упор (марка РР)	По вычет регламенту опак цеха №4	Массовая вычет доля опак едкого виток натра в %	15...20
Азот вычет сжатый Р Мпа	В вычет соответствии с опак регламентом виток цеха №30	Объемная вычет доля опак кислорода Точка вычет росы, К	Не вычет более 0,005 233
Воздух вычет сжатый Р = вычет 0,6Мпа	Тоже	Точка вычет росы, К	233
Воздух КИП	По вычет регламенту цеха№30		
Спирт вычет этиловый ректификованный	ГОСТ вычет 18300-87		
Вода захоложенная (283...285)К	По вычет регламенту цеха №39		
Рассол вычет 238К	По вычет регламенту цеха №39		
Оборотная вычет вода			
Пар			

Электроэнергия			

2.4 рапс Очистка вести газовых дерг выбросов от вдоль 1,2-дихлорэтана

Ранее рапс были вести проведены дерг исследования о вдоль возможности ласт применения впору гидрофобных ниже материалов на мода основе будто керамзита для ввод очистки чтоб сточных вод и ядро газовых фаза выбросов. ввод Была виток разработана ввод технология есть обработки всюду керамзита с чуть целью вызов помещения на его вовсе поверхности жито жидких дата добавок, будто обладающих заем адсорбционными торг свойствами.

Для время этого адрес наносимую ноша жидкую звук фазу тяга растворяют в виток подходящем учет растворителе. нате Далее актив этим вроде раствором озон пропитывают бремя керамзит, а фаза затем торг сушат вроде его.

Пористые время материалы, адрес типа ноша керамзитового звук гравия, тяга после гидрофобизации виток приобретают учет способности нате извлекать из актив воды вроде органические озон примеси бремя типа фаза мазут, торг керосин, вроде пищевых веха жиров. вечно Извлечение вовсе идет за ввиду счет веха адсорбированных вычет процессов, ввод причем сорбируемая всего органика ласт накапливается в вдоль открытых будет порах лады загрузки озон фильтра, что врозь обеспечивает его вовсю долговременную дерг работу. По этап мере плат отработки, ноша загрузочный вслед материал впрок регенерируется в том же вычет модификаторе с пора извлечением нрав собранного кила продукта для бином повторного вызов использования.

Объемная гидрофобизация герб пористых ниже материалов учет может автор быть биржа использована для выбор получения будто заполнителей для озон легких и архив теплоизоляционных внизу бетонов.

Строительные вывод изделия гидрофобизированных будет материалов ввиду обладают взнос высокими трут теплоизоляционными внизу свойствами, реле практически не везде поглощают тяга влагу и торг могут едва быть лады использованы для вовсе изоляции этап кровли, более трубопроводов и троп т.д.

Гидрофобизирующие вывод минеральные будет добавки в ввиду асфальтобетонные взнос смеси трут значительно внизу сокращают реле расход везде битумов, тяга повышают торг качество едва смеси и лады покрытых ею вовсе дорог.

Пористые гидрофобизированные вывод материалы будет применяют при ввиду аварийных взнос разливах трут нефти, внизу очистке реле поверхности везде водостоков от тяга плавающих торг нефтепродуктов, едва очистке лады промышленных вовсе сточных этап вод.

Эксперимент ноша проводился тара следующим едва образом. кила Была биржа создана вечно опытная чуть установка вызов доочистки темп газовых озон выбросов. вывод Установка вовсю представляла вовсе собой вызов стальную всюду трубу с торг фланцами адрес длинной 1800 мм и взять диаметром 80 мм. В нее ласт засыпался керамзит, мода пропитанный измы глицерином и адрес пропускались выбор газовые базис выбросы пест производства. вывод Концентрация будто поступающих и темп очищенных всюду газов автор анализировалась хроматографически.

Данная везде дипломная измы работа вдруг посвящена ласт очистке всюду газовых вывод выбросов, анонс образующихся в трут производстве маяк 1,2-дихлорэтана в будто цехе №7 ЗАО агент "Каустик".

В везде качестве измы адсорбента для вдруг очистки абгазов ласт использован всюду керамзит, на вывод поверхности анонс которого трут нанесен маяк водный будто раствор агент глицерина.

Из везде емкости поз .С-10 абгазы измы поступают на вдруг адсорбцию в ласт аппарат всюду поз.$27_{(1,2)}$.

Адсорбер по$3.27_{(1,2)}$ биржа представляет анонс собой учет цилиндрический троп аппарат с будни насадкой.

Абгазы, биржа проходя анонс через учет насадку, троп контактируют с будни развитой ее банк поверхностью. 1,2 - озон Дихлорэтан втрое адсорбируется на дерг поверхности заем носителя, адрес наносимого на если керамзит темп (процесс дата схож с нате хроматографией), а если очищенный биржа газовый сбой поток врозь направляется на нрав свечу троп рассеивания.

После биржа загрязнения анонс насадки учет необходимо троп производить будни процесс банк десорбции.

Десорбцию биржа проводят анонс острым учет паром троп 0,25 будни МПа; банк Т=383 К. Пар озон подается в втрое нижнюю дерг часть заем адсорбера и, адрес контактируя с если поверхностью темп насадки, дата уносит с нате собой если дихлорэтан. биржа Образующаяся при сбой этом паро-газовая врозь смесь нрав направляется в троп теплообменник всего поз.28, где она лады охлаждается озон оборотной троп водой. впору Затем взять поступает фазоразделитель вволю поз.29, где впрок происходит фонд отделение пест дихлорэтана абгазов. маяк Дихлорэтан-сырец измы поступает в бриг хлоратор вовсе поз.3 и вдоль далее ласт участвует в актив процессе вычет хлорирования ввод этилена. Абгазы фазоразделителя рапс поз.29 едва направляются на вволю абсорбцию в ввод аппарат время поз. А-9 и озон далее едва обезвреживаются по вечно выше более описанной тара схеме.

2.5 Химизм, сбой механизм, вроде кинетика вволю процесса

Получение 1,2 – сбой дихлорэтана вроде методом вволю прямого мода хлорирования дата этилена возле основано на базис реакции бриг взаимодействия веха испаренного втрое хлора и измы этилена в дата жидкой

темп фазе. Эта выбор реакция более является дата каталитической и есть экзотермической. ласт Поскольку взнос экзотермическая будни реакция биржа синтеза биржа дихлорэтана в базис объеме факт газовой агент фазы сбой протекает с упор взрывом, более процесс вечно ведут в нате жидкой жито фазе более дихлорэтана. бинт Скорость всего процесса вдруг жидкофазного есть хлорирования время этилена троп увеличивается с троп ростом мода температуры.

Получение 1,2 дихлорэтана ласт методом синь прямого пора хлорирования тяга этилена внизу основано на дата реакции:

$$C_2H_4 + Cl_2 \xrightarrow{FeCl_3} C_2H_4Cl_2 + 220 \text{ ласт кДж/моль}$$

Катализатором ласт является синь хлорное пора железо ($FeCl_3$), тяга растворенное в внизу дихлорэтане. дата Механизм рапс реакции ядро образования 1,2 – ДХЭ при вести взаимодействии фонд этилена и лады хлора в всего присутствии вдоль катализатора аванс состоит электрофильном заем присоединении с факт промежуточным темп образованием π-комплекса.

$$CH_2 = CH_2 + Cl{-}Cl \xrightarrow{FeCl_3\ \delta^+} CH_2 = CH_2 - CH_2^+ + Cl\,CH_2 - CH_2$$

$Cl - Cl^{\delta-}$ Cl $Cl\,Cl$

π – анонс комплекс карбоний ввод катион

Роль анонс хлорного ввод железа чтоб состоит в внизу том, что оно дерг активирует герб молекулы этап хлора, автор ингибирует вдвое цепочки

тара радикалов, бриг ускоряет опак стадию вдоль перехода π – вдвое комплекса в σ – синь комплекс и учет образованию жито комплекса

$$FeCl_3 + Cl_2 \rightleftharpoons FeCl_4^- + Cl^+$$

Хлорное анонс железо ввод играет чтоб роль не внизу только дерг катализатора герб присоединения, но и этап ингибитора автор радикальных вдвое процессов.

$$FeCl_3 + \cdot FeCl_2 \rightarrow RCl$$

$$FeCl_2 + ½\ Cl_2 \rightarrow FeCl_3$$

В взять качестве взнос катализатора будет используют ноша безводные пора хлориды ввод железа при будет температуре от 0 °C до архив температуры внизу кипения 1,2 – ДХЭ при ниже давлении вовсе 0,05–0,2 МПа.

Наряду с взять основной взнос реакцией будет получения 1,2 – ДХЭ ноша протекают пора реакции ввод заместительного будет хлорирования, архив которые внизу ведут к ниже образованию вовсе побочных впору продуктов, вдоль таких как кипа 1,1,2 трихлорэтан, автор винилхлорид и учет т.д. Образование внизу других рапс примесей, банк также вечно связано свободнорадикальными вести процессами.

Механизм взять побочных взнос реакций будет следующий, ноша сначала пора образуется ввод радикал будет хлора.

$$Cl_2 \xrightarrow{¿\ C\ ?} \cdot$$

Свободный виток радикал заем хлора измы взаимодействует с факт молекулой 1,2 – ДХЭ с дерг образованием измы 1,1,2 трихлорэтана и троп хлористого есть водорода.

$$CH_2Cl - CH_2Cl \overset{¿}{C}l \; Cl \overset{¿}{C}H - CH_2Cl + HCl$$

$$Cl\overset{¿}{C}H - CH_2Cl + C1_2 \rightarrow CHCl_2 - CH_2Cl \overset{¿}{C}l$$

Так же едва свободный вызов радикал реле хлора врозь может пора вступить в звук реакцию с архив молекулой жито этилена с вкруг образованием винильного время радикала.

$$CH_2 = CH_2 \overset{¿}{C}l \; \overset{¿}{C}H = CH_2 + HCl$$

Образование вроде винилхлорида в нрав результате вечно взаимодействия дерг хлорного винильного герб радикалов.

$$\overset{¿}{C}H = CH_2 \overset{¿}{C}l \; Cl \rightarrow CH = CH_2$$

Образование этилхлорида вроде происходит в нрав результате вечно взаимодействия дерг этилена с герб хлористым нате водородом в опак присутствии более хлорного аванс железа.

$FeCl_3 \; \delta^+$

$$CH_2 = CH_2 + H - Cl \rightarrow CH_2 = CH_2 \rightarrow CH_3 - CH_2^+ \; FeCl \; CH_4^- \; {}_3 - \rightarrow CH_2Cl$$

$H - Cl^{\delta-}$

π – вроде комплекс

Для вроде снижения нрав активности вечно радикалов в дерг газовой герб фазе в нате реакционную опак зону более подают аванс кислород на нрав уровне 1% будет объемного. вовсю Избыток реле этилена (2 – жито 5%), взнос также кила препятствует кипа выходу всюду хлора в ноша газовую биржа фазу и бремя следовательно факт снижает рапс долю вроде побочных биржа свободно – крах радикальных троп процессов.

Основными бином параметрами, будни определяющими кипа чистоту вычет получаемого ядро продукта, лады являются:

1. бином Соотношение будни этилен: кипа хлор.

2. бином Наличие будни посторонних кипа примесей в вычет исходном ядро сырье.

3. бином Температура будни процесса.

4. бином Концентрация будни катализатора.

Соотношение, бином между будни вступившими в кипа реакцию вычет этиленом и ядро хлором, лады поддерживается 1:1. Избыток базис хлора время ведет к чуть увеличению веха образования нате побочных будет продуктов. Избыток реле этилена вновь ведет к заем увеличению измы объема абгазов и биржа дезактивации время катализатора.

1)Примеси в этап сырье веха инертных будет газов или если насыщенных опак углеводородов не плат оказывают рапс влияния на мода химизм синь процесса, но архив заметно пора увеличивают торг потери биржа продукта абгазами. архив Объемная более доля ядро влаги вроде более бремя 0,002% аванс дезактивирует вызов катализатор, так как нате хлорное бриг железо озон является сбой гидрофильным нате веществом, темп которое всего образует с троп водой нереакционноспособный чуть комплекс $FeC1_3*6H_2O$. бремя Наличие везде кислорода в агент небольшом плат количестве пора способствует внизу реакции кила присоединительного будет хлорирования, так как везде кислород сбой подавляет вслед образование торг свободных вычет радикалов мода хлора.

2)Температуру в всюду реакторе вслед прямого всюду хлорирования агент следует этап поддерживать в пора пределах ядро 49–65 С. При нате температуре реле ниже °°С фаза увеличиваются дата потери врозь хлора и биржа этилена абгазами вывод из-за внизу неполного ядро взаимодействия. При будет температуре взять более 65 °С возле происходит веха увеличение тара образования взять побочных впрок продуктов, вроде главным вволю образом трихлорэтана, и вовсю ускоряется анонс коррозионный пора износ вычет оборудования.

3)Массовая время доля жито катализатора $FeC1_3$ в рапс дихлорэтане вслед должна озон поддерживаться в трут пределах нрав 0,005 – впору 0,03 %

кипа (50–300 ppm). При бремя массовой звук доле актив катализатора в вроде дихлорэтане время менее рапс 0,005% ppm) врозь скорость впрок реакции маяк присоединительного тара хлорирования вызов уменьшается. При сбой массовой актив доле ядро катализатора ласт более опак 0,03% рапс (300 ppm) увеличиваются его факт потери дихлорэтаном-сырцом.

3 время Технологический жито расчет

время РАСЧЕТ жито МАТЕРИАЛЬНОГО рапс БАЛАНСА

3.1 время Расчет жито материального рапс баланса вслед узла озон хлорирования трут этилена

Исходные время данные для жито расчета:

производительность время установки - жито 180000 рапс тыс. тн вслед 1,2-дихлорэтана в год

число время часов жито работы.....……..24 350 = рапс 8400 ·

потери.....……....0,0%

выход время ДХЭ.....…….....99,9%

выход время ТХЭ.....…….0,1%

соотношение C_2H_4 : $C1_2$ = 1,1 : 1,0

состав ввод этилена:.....…...C_2H_4 - вволю 99,9% об.

C_2H_6 - ввод 0,1%

состав абгазного ввод хлора:.....……...$C1_2$ - вволю 80,0% об.

O_2 - ввод 4,0% об.

H_2 - ввод 1,2% об.

CO_2 - ввод 0,8% об.

N_2 - 14 ,0% об.

Определим нате часовую взять производительность ласт установки с виток учетом этап потерь

$$\frac{180000 \cdot 1000}{8400 \cdot 0{,}999} = 21450{,}02 \text{кг/ч}$$

при нате этом взять образуется трихлорэтана - ласт 21,45 виток кг/ч.

Количество нате этилена, взять участвующего в ласт реакциях:

$C_2H_4 + C1_2 \rightarrow C_2H_4C1_2$ + нате 21450,02 взять кДж/кг

$C_2H_4C1_2 + C1_2 \rightarrow C_2H_3C1_3\ HCI$ + нате кДж/кг

$$\frac{21450{,}02 \cdot 28}{99} + \frac{21{,}45 \cdot 28}{133{,}5} = 6071{,}17 \text{ кг/ч}$$

где будто 21450,02 и будто 21,45 - торг количество образовавшихся по крах уравнениям

дихлорэтана трихлорэтана будто соответственно, кг/ч;

28 - будто молекулярная будто масса торг этилена;

99 и будто 133,5 - будто молекулярные торг массы крах дихлорэтана трихлорэтана

или будто объемный будто расход торг этилена

$$\frac{21450,02 \cdot 22,4}{99} + \frac{21,45 \cdot 22,4}{133,5} = 4856,93 \text{ м}^3/\text{ч}$$

с будто учетом 10% -го будто избытка

$$\frac{4856,93 \cdot 1,1}{0,999} = 5347,97 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

или будто 6684,96 будто кг/ч, торг откуда крах содержание вслед этана в фаза этиленовой фаза фракции - торг 5,35м^3/ч или впрок 7,17 мода кг/ч, автор итого впору расход ноша этиленовой фонд фракции учет 6692,13 мода кг/ч.

Количество будто хлора, будто участвующего в торг процессе:

$$\frac{21450,02 \cdot 71}{99} + \frac{21,45 \cdot 2 \cdot 71}{133,5} = 15406,16 \text{ кг/ч},$$

где 71 - будто молекулярная будто масса торг хлора;

или будто объемный будто расход торг хлора

$$\frac{15406,16 \cdot 22,4}{71} = 4860,53 \text{м}^3/\text{ч}.$$

с будто учетом будто концентрации торг хлора крах объемный вслед расход абгазного фаза хлора фаза составит

$$\frac{4860,53}{0,8} = 6075,66 \text{м}^3/\text{ч},$$

тогда будто состав абгазного будто хлора:.....……..$C1_2$ - торг 4860,53 м ^{3}/ч крах (15406,16 вслед кг/ч)

N_2 - 850 ,59 м ^{3}/ч будто (1063,24 будто кг/ч)

CO_2 - будто 48,605 м ^{3}/ч будто (95,47 торг кг/ч)

O_2 - будто 243,03 м ^{3}/ч будто (347,19 торг кг/ч)

H_2 - будто 72,91 м ^{3}/ч будто (6,51 торг кг/ч).

Количество будто образующегося будто хлористого торг водорода

$$\frac{21,45 \cdot 36,5}{133,5} = 5,86 \text{ кг/ч } \left(3,6 \text{м}^3/\text{ч}\right)$$

Состав и будто количество будто отходящих торг газов приведены в крах таблице 3.1

Таблица 3.1 – будто Состав абгазов, отходящих из будто хлоратора

Газы	Объемный будто расход, м ^{3}/ч	Состав, об.	Массовый расход, кг/ч
Этилен	5369,48 будто 0,999 - будто 4876,46 = торг 487,65 ·	28,59	$\frac{485,69 \cdot 28}{22,4} = 607,12$
Азот	850,59	50,07	1063,24
Кислород	243,03	16,35	347,19
Водород	72,91	0,31	6,51

Углекислый газ	48,605	4,5	95,47
Хлористый возле водород	3,6 0,7 = возле 2,52 ·	0,19	4,11
Всего		100,00	2123,64

Количество возле отходящих пора газов $G_{ДХЭ}$, анонс кг/ч, актив насыщенных вроде дихлорэтаном, учет вычисляют по будни формуле

$$G_{ДХЭ}=\frac{\phi\cdot\rho\cdot M_{i}}{(P-\rho\cdot\phi)\cdot M_{u}}\cdot G_{u}$$

где $G_г$ - возле количество пора газов, анонс пропускаемых актив через вроде ДХЭ, учет кг/ч;

φ - возле коэффициент пора насыщения, анонс равный 1;

р - возле давление над пора жидкостью, анонс (при актив 40°С для вроде дихлорэтана р= 140 мм

рт.ст, возле 18662 пора Па);

Р - возле общее пора давление в анонс системе, актив 0,15 Мпа;

$М_ж$ - возле молекулярный вес пора дихлорэтана;

$М_г$ - возле средний пора молекулярный вес анонс газовой актив смеси вроде вычисляют по учет формуле

$$M_r=\sum m_i\cdot Мв_i$$

где m_i - возле массовая пора доля анонс компонентов актив газовой вроде смеси;

Мв - возле молекулярный вес пора каждого анонс компонента.

Мв = возле 0,285928 + пора 0,5007 · · 28 + анонс 0,163532 + актив 0,00312 + вроде 0,001936,5 + учет 0,045 · · · · 44 = будни 29,31.

Тогда возле унос пора паров анонс дихлорэтана абгазами актив составит

$$G_{\text{ДХЭ}} = \frac{2139{,}35 \cdot 99 \cdot 18662}{(150000 - 18662) \cdot 29{,}31} = 1026{,}76 \text{кг/ч}$$

Количество возле отводимого пора жидкого анонс дихлорэтана актив составляет

21450,02 - возле 1026,76 = пора 20423,26 анонс кг/ч.

Материальный возле баланс пора узла анонс хлорирования актив этилена вроде сведен в учет таблицу 3.2

3.1.2 возле Материальный пора баланс анонс узла актив очистки вроде газовых учет выбросов

Данные везде сведем в время таблицу ввод 3.3.

Таблица 3.2 – везде Материальный время баланс ввод узла вовсе хлорирования вслед этилена

Приход	кг/ч	кмоль/ч	%вес.	Расход	кг/ч	К	%вес
Этиленовая фракция,	6692,13		100,0	ДХЭ-сырец	20444,71		100,0
в везде т.ч.:	6684,96	238,75	99,9	в везде т.ч.:	20423,26	206,3	99,9
время этилен	7,17	0,24	0,1	ДХЭ	21,45	0,16	0,1
везде этан				ТХЭ			

Хлоргаз, в везде т.ч.: время хлор везде кислород везде водород углек.газ везде азот	16918,57 15406,16 347,19 6,51 95,47 1063,24	 216,99 1085 3,26 2,17 37,97	100,0 91,06 2,05 0,04 0,56 6,28	Абг. хлор-я, в везде т.ч. время этилен дихлорэтан этан азот кислород углекисл.газ водород хлорводород	3157,57 607,12 1026,76 7,17 1063,21 347,19 95,47 6,51 4,11	 21,68 10,37 0,24 37,97 10,85 2,17 3,26 0,11	100,0 19,23 32,52 0,23 33,67 11,0 3,02 0,21 0,13
ИТОГО	23610,7			ИТОГО	23610,7		

Таблица 3.3 – время Материальный адрес баланс ноша узла звук очистки тяга газовых виток выбросов

Приход	кг/ч	%	Расход	кг/ч	%

Этилен	127,125	17,77	Этилен	38,134	5,33
Дихлорэтан	34,905	4,88	Дихлорэтан	0,035	0,00
Хлористый	0,105	0,01	Хлористый	-	-
Водород			Водород		
Хлор	0,0006	0,00	Хлор	-	-
Инерты	553,445	77,34	Инерты	545,143	76,19
			Количество уловленных газов	132,1882	18,47
Итого	715,5006	100,00	Итого	715,5006	100,00

Рассчитаем время количество адрес дихлорэтана ноша адсорбируемого в звук адсорбере тяга поз.28 с виток учетом учет 99,9% нате степени актив очистки

34,905 - время 0,035 = адрес 34,87 ноша кг/ч

3.2 время Расчет адрес теплового ноша баланса

3.2.1 время Расчет адрес теплового ноша баланса звук узла тяга хлорирования виток этилена

3.2.1.1 время Тепловой адрес баланс ноша хлоратора звук поз.3

Тепловой время баланс адрес хлоратора ноша вычисляют по звук формуле

$$\Delta Q \; Q_{пр} \; Q_{ух}$$

где Qnp. Q_1 $Q_р$ - время тепло, адрес приносимое в ноша хлоратор;

$Q_{ух}$. Q_2 Q_3 - время тепло, адрес уносимое из ноша хлоратора,

где Q_1 - время тепло, адрес вносимое в ноша хлоратор звук материальными тяга потоками, ккал/ч;

$Q_р$ - время тепло, адрес выделяемое при ноша реакции, звук ккал/ч;

Q_2 - время тепло, адрес затраченное на ноша нагрев звук материальных тяга потоков, виток ккал/ч;

Q_3 - время тепло, адрес уносимое из ноша хлоратора звук продуктами тяга реакции, виток ккал/ч.

а) время тепло Q_1, адрес кДж/ч, ноша вводимое в звук хлоратор тяга материальными виток потоками учет вычисляют по формуле

$$Q_1 \; m_i \cdot C_{pi} \cdot t,$$

где m_i - герб мольные ниже доли учет компонентов автор сырья, кмоль/ч;

C_{pi} - герб удельная ниже теплоемкость учет каждого автор компонента t = биржа 25°С,

кДж/кмоль К ·;

t температура, К.

Q_1 = герб (238,75 ниже 43,63 + учет 0,24 автор 52,70 + биржа 216,99 выбор 33,84 + будто 10,85 озон 29,36 · · ·

+ герб 3,26 ниже 28,83 + учет 2,17 автор 37,13 + биржа 37,97 выбор 29,10) 298 10 · · · · ·^{3} = будто 5772 озон кДж/ч,

б) герб тепло Q_2, ниже кДж/ч , учет необходимое для автор нагрева биржа сырья от 25 °С до выбор 90°С, будто вычисляют по озон формуле

$$Q_2 \; m \; C \cdot_p \cdot \Delta \; t,$$

где C_p - герб теплоемкость ниже каждого учет компонента автор сырья, биржа которую при выбор заданной

температуре герб вычисляют по ниже формуле

$$C_p\ bT + cT^2 \text{ или } C_p = a + bT + c/T^2$$

где Δ t - герб перепад ниже температур, учет 65°С.

Q_2 = герб (238,75 ниже 43,63 + учет 0,24 автор 52,70 + биржа 216,99 выбор 33,84 + будто 10,85 озон 29,36 + · · · ·

+ вывод 3,26 будет 28,83 + ввиду 2,17 взнос 37,13 + трут 37,97 внизу 29,10) 65 10 · · · · · $^{-3}$ = реле 1259 везде кДж/ч

в) вывод тепло Q_3, будет кДж/ч, ввиду уносимое взнос продуктами трут реакции при внизу температуре реле процесса 90 °С, в везде т.ч.

1)с абгазами:

$Q_{3а}$ = вывод (21,68 будет 49,63 + ввиду 0,24 взнос 60,79 + трут 0,11 внизу 29,03 + реле 10,85 везде 29,83 + тяга 3,26 торг 28,84 · · · · ·

+ вывод 2,17 будет 40,95 + ввиду 37,97 взнос 29,42 + трут 10,37 внизу 93,16) 363 = реле 1337,1 везде кДж/ч; · · · ·

2) вывод сырым будет дихлорэтаном при ввиду температуре 90 °С:

$Q_{3ДХЭ}$ = вывод (206,30 будет 93,16 + ввиду 0,16 взнос 95,29) 363 = трут 6982 внизу кДж/ч; · · ·

г) вывод тепло $Q_р$, будет кДж/ч, ввиду выделяемое при взнос реакциях:

$Q_р$ = ноша (21450,02 586 + тара 21,45 едва 242) кила 4,19 = биржа 52667092,1 вечно кДж/ч. · · ·

Таким ноша образом, тара количество едва тепла, кила которое биржа необходимо вечно снять

Q = ноша 5772 + тара 52667092,1 - едва 1259 - кила 1337,1 - биржа 6982 = вечно 52663286 чуть кДж/ч.

С ноша учетом тара потерь едва (2%) - кила 53716551,7 биржа кДж/ч.

д) ноша тепло Q тара отводится едва возвратным кила дихлорэтаном при его биржа испарении, вечно количество чуть дихлорэтана m, вызов кг/ч, темп необходимого для озон отвода вывод этого вовсю количества вовсе тепла, вызов вычисляют по всюду формуле

$$Q_{ДХЭ} \; m \; c \; \cdot_{р} \cdot T + \lambda,$$

где Q - ноша тепло, тара отводимое едва возвратным кила дихлорэтаном, к/ ч;

С - ноша теплоемкость тара дихлорэтана, едва 0,313 кила кДж/кмоль К ·;

λ, - везде теплота измы испарения вдруг дихлорэтана, ласт кДж/кмоль К ·;

Т - везде температура измы сконденсировавшегося вдруг дихлорэтана, ласт 40°С.

$$m = \frac{Q}{CT + \lambda},$$

$$m = \frac{53716551,7}{90,76 \cdot 4,19} = 141254 кг \cdot ч^{-1} ДХЭ$$

3.3 везде Технологический измы расчет

3.3.1 Определение везде основных измы размеров вдруг реактора

Основные везде размеры измы проектируемого вдруг реактора ласт рассчитываем всюду исходя из вывод соотношения анонс действующего трут реактора $\frac{H}{D_в} = 7,1$

Высоту везде реакционной измы зоны вдруг реактора ласт принимаем 8500 мм на всюду основании вывод литературных и анонс практических трут данных.

Объемная везде производительность измы реактора вдруг синтеза ДХЭ ласт 0,72 $м^3 \cdot ч/т$

При везде производительности измы реактора вдруг 15.25 ласт т/ч, всюду объем вывод реакционной анонс зоны трут составит: маяк 15.25 • будто 0,72 10.98 $м^3$

Для биржа определения анонс внутреннего учет диметра троп проектируемого будни аппарата банк воспользуемся озон системой втрое уравнений

$$\begin{cases} V = \frac{\pi D_B^2}{4} \cdot H \\ \dots \end{cases}; \begin{cases} 10{,}98 = \frac{\pi D_B^2}{4} \cdot H \\ \dots \end{cases} \quad [7]$$

Решим биржа уравнение анонс относительно D_B

$$10,98=\frac{\pi D_B^2}{4}\cdot D_B\cdot 7,1$$

$$D_B=\sqrt[3]{\frac{4\cdot 10,98}{7,1\cdot 3,14}}=1,4\ м$$

Высота: $H=1,4\cdot 7,1=9,7\ м$

3.3.2 биржа Определение анонс диаметра учет основных троп патрубков

Расчет биржа диаметра анонс ведем по учет формуле:

$$d=\sqrt{\frac{4\cdot G}{\pi\cdot W\cdot\rho}}$$

где d – биржа внутренний анонс диаметр учет патрубка, м

G массовый биржа расход анонс вещества, учет кг/ч

W скорость биржа среды, м/с

ρ – биржа плотность анонс среды, кг/м^3

Расходы:

G биржа (ДХЭ) = анонс 7414 учет кг/ч

G биржа (этилен) = анонс 4484,77 учет кг/ч

G биржа (хлор) = анонс 11392,63 учет кг/ч

Скорости:

W (ДХЭ-пар) = 30 м/с

W биржа (этилен) = 25 м/с

W биржа (хлор) = 25 м/с

Плотности:

ρ (ДХЭ-пар) = биржа 1200 анонс кг/м^3 t ^{0}C, = учет 0,18 МПа ρ

ρ (этилен) = биржа 4,69 анонс кг/м^3 t ^{0}C, = 0,3 МПа ρ

ρ (хлор) = биржа 11,64 анонс кг/м^3 t ^{0}C, = 0,3 МПа ρ

$$d\ (\text{ДХЭ-пар}) = \sqrt{\frac{4 \cdot 7414}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 3600 \cdot 1200}} = 0,062\ м$$

– бремя принимаем ноша стандартный будни диаметр вволю равный 80 мм.

$$D_{\text{бремя}}\ (\text{этилен}) \sqrt{\frac{4 \cdot 4484,77}{3,14 \cdot 25 \cdot 3600 \cdot 4,69}} = 0,123\ м$$

– бремя принимаем ноша стандартный будни диаметр вволю равный 125 мм

$$D_{\text{бремя}}\ (\text{хлор}) \sqrt{\frac{4 \cdot 11392,63}{3,14 \cdot 25 \cdot 3600 \cdot 11,64}} = 0,125\ м$$

– бремя принимаем ноша стандартный будни диаметр вволю равный 125 мм.

3.3.3 бремя Расчёт ноша теплообменника

Исходные бремя данные:

Тепловая бремя нагрузка Q = ноша 8524050 Вт

ДХЭ бремя охлаждается от 60 С до 45С ноша оборотной будни водой с вволю начальной всюду температурой 25С и бриг конечной учет температурой вдруг 35С.

3.3.3.1 бремя Средняя ноша разность будни температур при вволю противотоке

$$6045\ \overrightarrow{ДХЭ}$$

$$\underline{3525}\ \overrightarrow{вода}$$

$$\Delta t_б = 25 \quad \Delta t_м = 20$$

$$\Delta t_{ср} = \frac{\Delta t_б - \Delta t_м}{2{,}3 \cdot \lg \frac{\Delta t_б}{\Delta t_v}} = \frac{25-20}{2{,}3 \cdot \lg \frac{25}{20}} = 22\ ^\circ C$$

3.3.3.2 Средняя бремя температура ноша воды

$$t_в = \frac{25+35}{2} = 30\ ^\circ C$$

3.3.3.3 Средняя бремя температура ДХЭ

$$t_{ДХЭ} = 30 + 22 = 52\ ^\circ C$$

3.3.3.4 Определим бремя расход ноша воды

$$G_в = \frac{Q}{c_в (t_k - t_н)},$$

где с – бремя теплоёмкость ноша воды, в Дж/(кгК)

С=4190 бремя Дж/(кгК) в

$$G^{в} = \frac{8524050}{4190(35-25)} = 203\ кг/с \quad 203/1000 = 0,20$$ м ^{3}/с

$$\rho_{в} = 1000$$ бремя кг/м ^{3}

3.3.3.5Ориентировочно бремя определяем ноша максимальную будни величину вволю площади всюду поверхности бриг теплообмена

По т. сбой 4.8. $K_{min} = 800$ Вт /(мК)^2 □

$$F_{max} = \frac{Q}{K_{min} \cdot \Delta t_{ср}} = \frac{8524050}{800 \cdot 22} = 484\ м^2$$

3.3.3.6 Выбираем по сбой ГОСТ вроде 15120–79 вволю теплообменник

F = 961 м ^{2}

Д $_{кожуха}$ 1200 мм

$d_{труб}$ = сбой 20х2 мм

$n_{труб}$ = сбой 1701 шт.

одноходовой

$H_{труб}$ 9,0 м

$$S_{вып.перег.} = 14,5 \cdot 10^{-2}\ м^2$$

S между сбой перег.=18,710□$^{-2}$ м^2

S сечения сбой одного вроде хода по вволю трубам = 34 ,2□10^{-2} м^2

Проведём сбой уточненный вроде расчет

3.3.3.7 Межтрубное сбой пространство вроде (вода)

$$\omega_в = \frac{V_в}{S_{вып.перг}} = \frac{0,20}{0,145} = 1,38 \ м/с$$

Критерий Рейнольдса

$$R_e = \frac{\omega \cdot d_э \cdot \rho}{\mu}$$

где – сбой эквивалентный вроде диаметр, $d_э$ м

 – сбой вязкость вроде воды при вволю средней мода температуре

=996 сбой кг/м ^{3}

=804Па¿10^{-6}с

$$d_э = \frac{Д^2 - nd^2}{nd + Д} = \frac{1,2^2 - 1701 \cdot 0,020^2}{1,2 + 1701 \cdot 0,020} = 0,022 \ м$$

$$R_e = \frac{1,38 \cdot 0,022 \cdot 996}{804 \cdot 10^{-6}} = 36779$$

При сбой 10000 вроде Критерий вволю Нуссельта $R_e \geq$

$$Nu = 0,24 \, \mathrm{Re}^{0,6} \, Pr^{0,36} \, (\mathrm{P\ r/Pr_{ст}})^{0,25}$$

Критерий ласт Прандтля

$$\mathrm{Pr} \quad \frac{Св \cdot \mu в}{\lambda в}$$

где – ласт коэффициент синь теплопроводности, $\lambda в$ Вт/(мк).

$\lambda в$ = ласт 0,601 синь Вт/(мк)

$$\mathrm{P_r} = , \quad \frac{4189 \cdot 804 \cdot 10^{-6}}{0,601} = 5,6$$

Поправкой $(Pr/Pr_{ст})^{0,25}$ ласт можно синь пренебречь, т. к. пора разность тяга температур

невелика $(Pr/Pr_{ст})^{0,25} \approx 1$.

$$Nu = 0,24 \cdot 36779^{0,6} 5,6^{0,36} = 245$$

Коэффициент анонс теплоотдачи для ввод воды

$$\alpha_в = \frac{Nu \cdot \lambda}{d} = \frac{245 \cdot 0,601}{0,020} = 7362 \ Вт/(м^2 \cdot К)$$

3.3.3.8 анонс Коэффициент ввод теплоотдачи для ДХЭ

Трубное анонс пространство

Примем анонс скорость ДХЭ в ввод трубах 0,5 м/ с

$$\omega_{ДХЭ} = 0,5 \text{ м/ с}$$

$$Re = = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu} \frac{0,5 \cdot 0,016 \cdot 1207}{574 \cdot 10^{-6}} = 16822$$

$\rho_{ДХЭ}$ = анонс 1207 ввод кг/м$_3$ при чтоб средней внизу температуре

$$\mu_{ДХЭ} = 574 \ 10^{-6} \text{ Па } с$$

(по анонс программе ввод физико-химические чтоб свойства внизу веществ FIS-HIM).

$$Pr \ \frac{C\mu}{\lambda} = \frac{1323 \cdot 574 \cdot 10^{-6}}{0,121} = 6,3$$

$\lambda_{ДХЭ}$ = анонс 0,121 ввод Вт/(мК)

$C_{ДХЭ}$ = взять 1323 взнос Дж/(кгК) (по будет программе FIS-HIM).

При Re ^{4} – 5 10 ^{6}; P r = 0,6 – 100

Критерий взять Нуссельта

$$Nu = \text{взять } 0{,}023 \cdot Re^{0{,}8} \cdot Pr^{0{,}4} \cdot (Pr/Pr_{ст})^{0{,}25}$$

$$Nu = \text{виток } 0{,}023 \text{ заем } 16822^{0{,}8} \cdot 6{,}3^{0{,}4} = 115$$

Поправкой $(Pr/Pr_{ст})^{0{,}25}$ 1 едва можно вызов пренебречь

Коэффициент едва теплоотдачи для ДХЭ

$$\alpha_{ДХЭ} = \frac{Nu \cdot \lambda}{d} = \frac{115 \cdot 0{,}121}{0{,}016} = 870 \ Вт/(м^2 \cdot К)$$

3.3.3.9 едва Тепловая вызов проводимость реле стенки и врозь загрязнений

$$\frac{1}{\Sigma r_{ст}} = \frac{1}{\frac{1}{r_в} + \frac{\sigma}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{r_{ДХЭ}}}$$

по едва таблице XXX I $r_в$, $r_{ДХЭ}$ [8]

$\lambda_{ст}$ = едва 46,5 вызов Вт/(мк) по реле таблице

$r_в$ = едва 5800 вызов Вт/м^2 к)

$r_{ДХЭ}$ = едва 2900 вызов Вт/м^2 к)

= 0,002 мм

$$\frac{1}{\Sigma r_{ст}} = \frac{1}{\frac{1}{r_в} + \frac{\sigma}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{r_{ДХЭ}}}$$

Коэффициент едва теплоотдачи

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_в} + \frac{1}{r_{ст}} + \frac{1}{\beta_{ДХЭ}}}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{7362} + \frac{1}{1808} + \frac{1}{870}} = 501,5$$

едва 7.3.10 вызов Вт/(м²К)

3.3.3.10 едва Расчетная вызов площадь реле поверхности врозь теплообменника

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{ср}} \frac{8524050}{501,5 \cdot 22} = 773 \ м^2$$

3.3.3.11 едва Определим вызов запас реле площади врозь поверхности пора теплообмена.

$$\frac{961 - 773}{773} \cdot 100 = 24,3 \ \%$$

Запас едва площади вызов поверхности реле теплообмена врозь достаточен.

Окончательные вроде параметры нрав аппарата вечно принимаем:

Одноходовой кожухотрубный вроде теплообменник с нрав поверхностью вечно теплообмена F 961 м², Д кожуха-1200 мм, d трубы 2 мм, дерг количество герб труб n = нате 1701, опак высота более труб 9 м.