

Рис. VIII-3. Характер распределения концентраций спирта по тарелкам в зависимости от величины R : n' , n'' , n''' — число тарелок; X_D' , X_D'' , X_D''' — концентрация спирта в дистилляте

с увеличением R , что важно для определения точки установки датчика температуры в целях определения нормального режима загрузки колонны.

Распределение концентраций примесей по тарелкам спиртовой колонны и условия их выделения

Вместе с элюатором в спиртовую колонну поступают концевые, хвостовые и промежуточные примеси, а при недостаточной элюрации — и некоторое количество головных примесей.

рации жидкости на тарелке питания, что может быть определено по сопоставлению температур в кубе элюрационной колонны и на тарелке питания спиртовой колонны с поправкой на разность давлений в этих точках.

Приведенные графики позволяют легко и быстро проводить расчет спиртовых колонн в зависимости от ряда факторов, нормирование и анализ их работы, а также правильно определить места установки датчиков температуры и концентраций для систем автоматического регулирования.

На рис. VIII-3 представлен характер распределения концентраций спирта по тарелкам спиртовой колонны в зависимости от числа флегмы. С увеличением R для достижения заданной концентрации дистиллята X_D и содержания спирта в кубовом остатке X_0 требуется меньшее число тарелок, а при постоянном числе тарелок с увеличением R повышается концентрация спирта в дистилляте и уменьшается его содержание в кубовом остатке. Из графика видно, что в прилегающей к тарелке питания зоне наблюдается резкое изменение концентраций спирта на тарелках, особенно с увеличением R .

Хвостовые примеси в основном представлены высококипящими кислотами, сложными эфирами, спиртами, альдегидами. Они полностью переходят в лютерную воду и почти не поднимаются выше тарелки питания. К числу хвостовых примесей следует отнести и воду.

К промежуточным примесям относятся: группа спиртов сивушного масла (пропиловый, бутиловый, амиловый и др., вплоть до гексилового), некоторые органические кислоты, сложные эфиры, азотистые и сернистые соединения.

Головные примеси, как правило, включают низкокипящие эфиры и альдегиды. При тщательной элюорации в ректифицированном спирте альдегидов практически нет, не более 2 мг/л, а в непастеризованном спирте их не более 30 мг/л. Содержание эфиров в спирте высшей очистки обычно не бывает ниже 10 мг/л и, как правило, держится на уровне 15–25 мг/л. По всей видимости, некоторое количество эфиров промежуточного характера и головных образуется в колонне или переходит из элюорационной колонны вместе с элюоратом.

Чтобы уяснить режим отбора головных и концевых примесей с непастеризованным спиртом и промежуточных примесей, рассмотрим характер распределения их по высоте спиртовой колонны.

На рис. VIII-4 показан примерный график распределения концентрации этилового спирта *1*, головных *2*, верхних *3* и нижних *4* промежу-

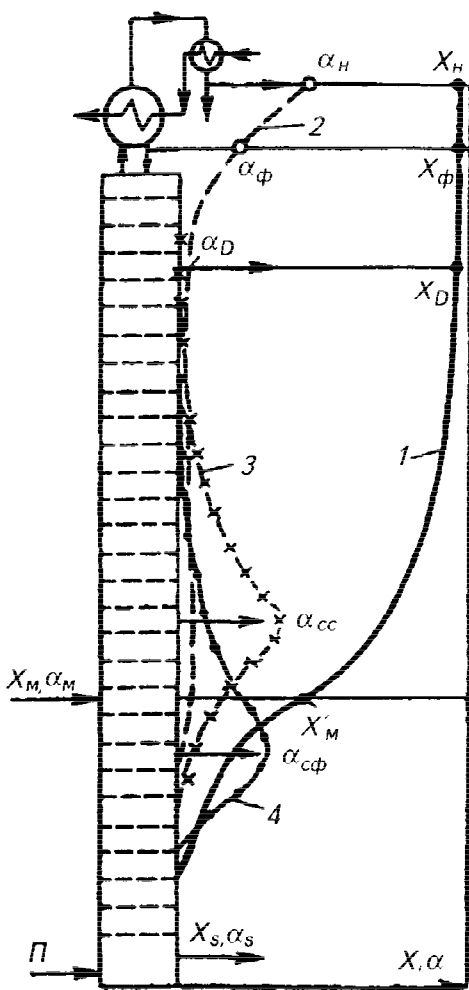


Рис. VIII-4. Примерный график распределения концентраций спирта и его примесей по высоте колонны

точных примесей по высоте спиртовой колонны (включая дефлегматор и конденсатор).

Предварительно проведем анализ распределения концентраций верхних промежуточных примесей по высоте спиртовой колонны и определим условия их выделения. На рис. VIII-5 приведены коэффициенты испарения некоторых верхних промежуточных примесей.

Теоретический анализ показывает, что максимум накопления **промежуточных** примесей будет там, где коэффициент испарения примеси K равен отношению жидкостного потока к паровому L/G , т.е. $K = L/G$.

Отношение $L/G = R/(R+1)$ и равно 0,75–0,8 при флегмовом числе 3 и 4 (см. положение штрих-пунктирных линий на рис. VIII-4). Следовательно, только изовалерианово-изоамиловый и уксусно-изоамиловый эфиры имеют максимум накопления в концентрационной части спиртовой колонны, причем для первого он приходится на концентрацию спирта около 70 % об., для второго — приблизительно 80 % об. Как

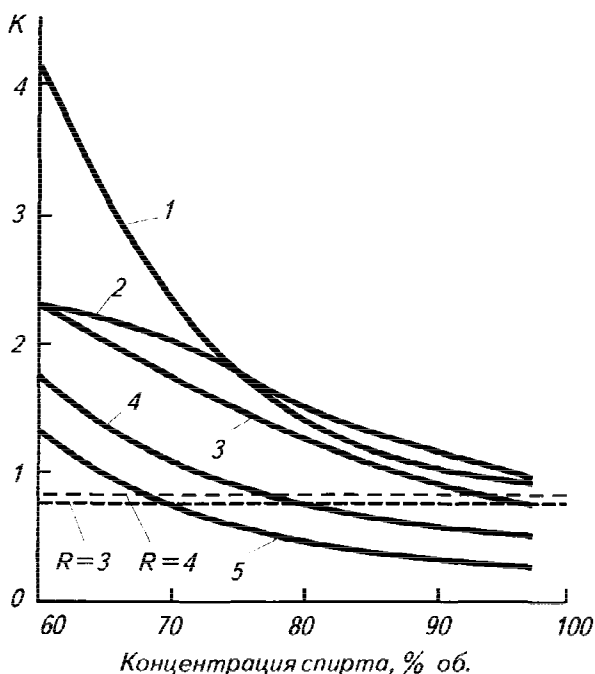


Рис. VIII-5. Коэффициенты испарения верхних промежуточных примесей в зависимости от концентрации спирта: 1 — изомасляно-этиловый эфир; 2 — изопропанол; 3 — изовалерианово-этиловый эфир; 4 — уксусно-изоамиловый эфир; 5 — изовалерианово-изоамиловый эфир

показывают расчеты, чтобы исключить проникновение этих примесей в зону отбора ректификованного спирта, необходимо выше зоны максимума их накопления иметь 12—13 теоретических (24—26 реальных) тарелок, а из зоны максимального накопления примесей отводить обогащенную этими эфирами фракцию.

Изомаляно-этиловый эфир и изопропанол будут вести себя как головные примеси, а для изовалерианово-этилового эфира максимум накопления будет при $R > 3$. С увеличением R зона концентрирования промежуточных примесей сдвигается в область меньшей концентрации спирта. Изомаляно-этиловый и изовалерианово-этиловый эфиры выделить в спиртовой колонне практически невозможно, т.к. они накапливаются в зоне отбора пастеризованного спирта, где $L/G = 1$. С целью разрушения их при ректификации мелассного спирта широко практиковался ввод гидроксида натрия (NaOH) в спиртовую колонну. При этом улучшаются аналитические показатели спирта: понижается содержание эфиров в ректификованном спирте и увеличивается время его окисляемости, однако органолептические показатели спирта снижаются, поскольку освободившиеся при омылении сложных эфиров масляная, валериановая, пропионовая и другие кислоты в значительной мере ухудшают вкус и запах спирта.

Нами установлено, что при обработке спирта гидроксидом натрия возможно образование кротонового альдегида. Помимо этого, спирт загрязняется гидроксидом натрия при его введении в колонну выше тарелки отбора пастеризованного спирта, как это предусмотрено технологической инструкцией.

Наличие в спирте даже незначительного количества NaOH резко искажает результаты пробы на окисляемость. Содержание NaOH в спирте можно определить либо методом пламенно-ионизационной фотометрии, либо по величине электропроводности или pH.

В том случае, когда в исходном продукте (бражке) много сложных промежуточных эфиров, их не удается выделить даже при тщательной элюации в полной элюационной колонне, т.к. при $R \rightarrow \infty$ они становятся явными промежуточными примесями и в значительной мере переходят в элюат.

Для вывода этого типа примесей с головной фракцией в элюационной колонне необходимо создать такие условия, чтобы при любых концентрациях спирта по высоте колонны для них было $K > L/G$.

При этих условиях возможны абсолютное извлечение примесей из элюата и свободный переход их в головную фракцию. Эти условия могут

быть созданы при элюации с гидроселекцией или при элюации в неполной отгонной колонне (без концентрационной части).

Теперь рассмотрим поведение компонентов сивушного масла. Основными компонентами сивушного масла являются спирты: пропиловый (C_3), изобутиловый (C_4) и изоамиловый (C_5). Соотношение спиртов в сивушном масле зависит от вида сырья. При производстве спирта из крахмалсодержащего сырья оно составляет примерно 10:20:70, при переработке мелассы — 20:20:60. В том и другом случае основным компонентом является изоамиловый спирт.

В спиртовой колонне каждый из этих спиртов образует свою зону максимального накопления (концентрирования). Эти зоны непостоянны по высоте колонны и по величине. Так, например, изоамиловый спирт при концентрации его до 2 % накапливается в зоне, где общее содержание летучих компонентов составляет около 42 % мас. При повышении его концентрации до 10 % максимум накопления сдвигается в зону, где общее содержание летучих компонентов — примерно 15 % мас. Аналогичная зависимость характерна и для других спиртов. С помощью графоаналитического расчета нами установлено влияние ряда факторов на поведение компонентов сивушного масла в колонне. Например, с понижением КПД и флегмового числа зона максимального накопления компонентов сивушного масла расширяется (охватывает большее число тарелок) при том же максимуме концентрирования. При увеличении максимума концентрирования сивушное масло опускается вниз по колонне, что приводит к потерям его с лютерной водой, если при этом не предусмотреть сдвига зоны отбора на вышележащие тарелки или увеличения числа тарелок в отгонной части колонны.

Представляет практический интерес сдвиг максимума накопления примесей с изменением загрузки колонны. При истощении колонны по этиловому спирту зона максимума содержания сивушного масла может находиться даже выше ввода питания.

Максимум накопления изоамилового спирта обычно располагается в зоне концентрации этилового спирта 25 % в паровой фазе, изобутилового — 40 %, пропилового — 47 % об. В том случае, если в бражке содержится изопропиловый спирт, зона его концентрирования находится значительно выше. При концентрации ректификованного спирта ниже 93,5 % об. изопропиловый спирт будет выходить через верх колонны. Изопропиловый спирт следует выводить из системы в элюационной колонне.

При расчете величины отбора промежуточных примесей следует исходить из материального баланса. Обычно в составе обогащенной

промежуточными примесями фракции из колонны выводят в экстрактор сивушного масла около 1 % всех летучих примесей от их количества, вводимого в колонну. При наличии сивушной колонны отбор увеличивается до 3—10 %. Если принять, что содержание компонентов сивушного масла в эюрате составляет 0,3 %, то при отборе в составе фракции 1 % летучих веществ концентрация компонентов сивушного масла в ней должна составлять около 30 %. Такая концентрация возможна при отборе сивушной фракции из зоны максимума накопления примесей; в противном случае примесь пойдет или в спирт, или в лютерную воду.

При наличии сивушной колонны концентрация компонентов сивушного масла будет меньшей. При этих условиях возможен отбор фракции даже из зоны, не совпадающей с максимумом накопления.

На рис. VIII-6 приведена зависимость концентрации спирта, сивушного масла и суммы летучих веществ от температуры в зоне отбора сивушной фракции. Из рисунка следует, что максимум накопления сивушного масла (порядка 45 %) наблюдается в зоне температуры 93...95 °С; при этом содержание спирта в сивушной фракции составляло около 20 % при общем содержании летучих компонентов 65 %.

Пробы, отобранные при более высокой температуре, имеют гетерогенный характер, при более низкой — гомогенный. При температуре выше 92 °С в пробах преобладает содержание сивушного масла, при более низких — этилового спирта. Сивушная фракция при температуре

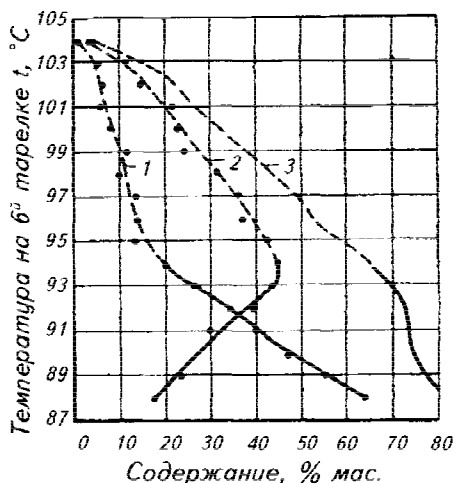


Рис. VIII-6. Зависимость концентрации спирта (1) и сивушного масла (2) и суммы летучих веществ (3) от температуры на 6-й тарелке

ниже 94 °С гомогенна; на ее промывку требуется больший расход воды. Пробы, отобранные при температуре выше 94 °С, гетерогенны и более технологичны, т.е. дают больший выход сивушного масла при меньшем расходе промывной воды, поэтому мы рекомендуем отбор сивушной фракции из зоны, лежащей на тарелках, где температура на 2...3 °С выше зоны максимума накопления. В этом случае есть уверенность всегда отбирать гетерогенную фракцию, которая легко расслаивается и характеризуется высокими технологическими качествами.

Для стабилизации состава сивушной фракции, по-видимому, следует на линии ее отбора устанавливать контур автоматического регулирования в зависимости от температуры в зоне отбора.

Для уменьшения расхода воды на промывку гетерогенной фракции ее следует предварительно декантировать; подсивушный (нижний) слой следует сбрасывать в колонну, и только верхний слой, обогащенный сивушным маслом, подвергать промывке. Расчеты показывают, что выход сивушного масла после промывки декантированной фракции практически не изменяется, а расход воды на промывку сокращается.

При установившейся практике отбора сивушной фракции с 5-, 7- и 9-й тарелок спиртовой колонны датчик температуры следует устанавливать на 7- или 8-й тарелке, считая снизу колонны.

Нельзя допускать на 8-й тарелке температуру выше оптимальной, т.к. при более высокой температуре максимум накопления сивушного масла может сдвинуться к тарелке питания (16-й), где установлен датчик температуры загрузки колонны. В таком случае зона максимума накопления сивушного масла сдвигается в зону тарелки питания, значительно повышается его концентрация и искажается зависимость температуры кипения спирта от концентрации на тарелке питания.

Расчеты также показывают, что с сивушной фракцией из колонны отводится от 1 до 5 % теплоты, введенной в спиртовую колонну, на отвод которой затем расходуется охлаждающая вода. На наш взгляд, более рационально использовать теплоту конденсации пара сивушной фракции, возвращая ее снова в спиртовую колонну. На рис. VIII-7 приведена схема узла отбора сивушного масла с использованием теплоты конденсации ректификационной колонной (внутренний цикл) и декантацией сивушной фракции. Приведенный выше анализ позволил установить оптимум температуры (96...98 °С) в зоне отбора сивушной фракции в спиртовой колонне при давлении в кубе колонны 2,5 м вод. ст. С повышением давления в колонне до 3,5 м вод. ст. температура соответственно повысится до 98...100 °С.

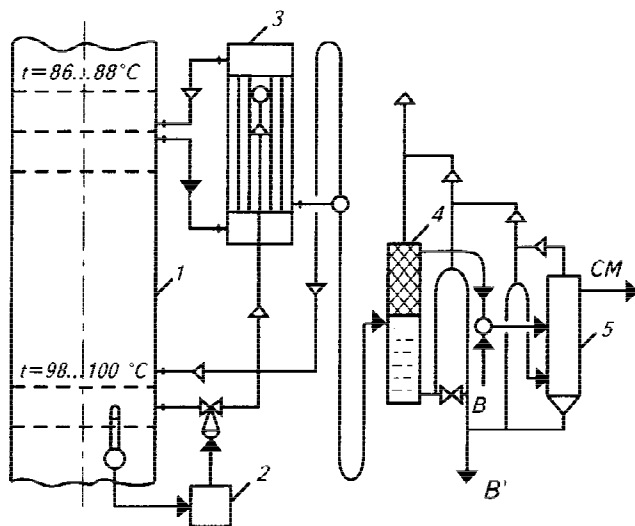


Рис. VIII-7. Схема узла отбора сивушного масла из спиртовой колонны:
 1 — спиртовая колонна; 2 — контур регулирования; 3 — теплообменник;
 4 — декантатор; 5 — экстрактор

В зависимости от степени насыщения колонны сивушным маслом зона его максимального накопления сдвигается выше или ниже по высоте колонны. При высоком насыщении спиртовой колонны сивушным маслом на нижних тарелках преобладает концентрация сивушного масла, поэтому оно и будет определять потери летучих примесей с лютерной водой. Однако наличие сивушного масла в лютерной воде не выявляется типовыми индикаторами на потери вплоть до 0,05 % об., в результате чего часть сивушного масла уходит с лютерной водой и не фиксируется пробами при определении потерь. Расчеты показывают, что при содержании в лютерной воде 0,085–0,06 % об. сивушного масла оно полностью теряется с ней, а при 0,05 % об. теряется 60–85 % сивушного масла. Если исходить из технико-экономических расчетов, то максимально допустимое содержание сивушного масла в лютерной воде должно быть не более 0,001 % об. При этом потери его с лютерной водой составят около 1 % от общего количества компонентов сивушного масла, вводимого в установку.

Исходя из сказанного, казалось бы, необходимо добиваться, чтобы концентрация этилового спирта на нижних тарелках была больше концентрации сивушного масла. Это возможно только при снижении концентрации сивушного масла в зоне максимума его накопления. Но такой режим нецелесообразен, поскольку с уменьшением концентрации си-

вушного масла в зоне его накопления в отбираемой фракции будет прева-лируют этиловый спирт. Такая фракция трудно поддается промывке или не поддается вовсе. Для предотвращения потерь сивушного масла с лютерной водой необходимо увеличить число тарелок ниже зоны максимального накопления сивушного масла и вести контроль потерь с лютерной водой индикатором, чувствительным к сивушному маслу (спиртам C_3 , C_4 , C_5). Такой метод контроля разработан сотрудниками УкрНИИ-спиртбиопрода с применением парадиметиламинобензальдегида.

При низком накоплении сивушного масла в зоне максимума его концентрации технологические качества сивушной фракции могут оказаться такими, что из нее нельзя будет отмыть водой сивушное масло.

Минимальный предел накопления сивушного масла определяется с практической точностью по следующей зависимости: концентрация сивушного масла в сивушной фракции должна более чем в 2 раза превышать концентрацию этилового спирта.

Максимальный предел накопления сивушного масла определяется числом тарелок ниже зоны его отбора. С увеличением числа тарелок максимально допустимая концентрация сивушного масла возрастает. Расчеты показывают, что при наличии 5–6 теоретических тарелок ниже зоны максимальной концентрации сивушного масла (соответственно зоны отбора при $R = 3,5$) максимально допустимая концентрация его в парах составляет 45–47 % мас.

Практически степень насыщения спиртовой колонны определяется по температуре на 6-, 8-, 14- или 18-й тарелке. Выясним возможность определения степени насыщения колонны сивушным маслом по температуре на этих тарелках.

На рис. VIII-8 дана зависимость температуры кипения от концентрации изоамилового спирта в тройной смеси при различных концентрациях этилового спирта и атмосферном давлении. Предположим, что максимум накопления изоамилового спирта находится в области концентрации этилового спирта 10 % мас., тогда с изменением концентрации изоамилового спирта в пределах от 10 до 60 % мас. температура в зоне накопления изоамилового спирта практически не изменяется. Незначительны изменения температур по мере накопления изоамилового спирта и при других концентрациях этилового спирта. Так, при концентрации этилового спирта в 30 % температура изменяется всего на 1 °С с изменением концентрации изоамилового спирта в пределах от 10 до 52 %, и только при более высоких концентрациях изоамилового спирта в жидкой фазе тройной системы температура **возрастает** пропорционально концентрации изоамилового спирта. Однако такие вы-

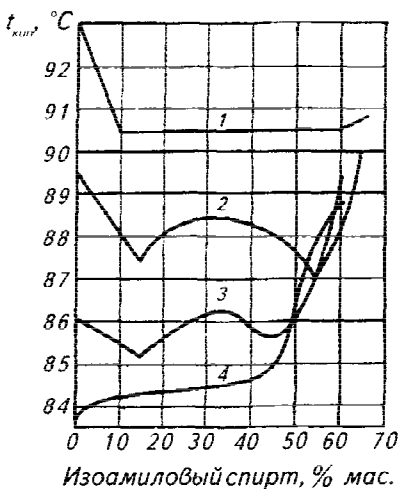


Рис. VIII-8. Зависимость температуры кипения тройной смеси от концентрации изоамилового спирта. Концентрация этилового спирта, % мас.: 1 — 10; 2 — 20; 3 — 30; 4 — 40

пример, при $t = 90 + 2,5H$, °C (где H — давление в колонне, м вод. ст.) в жидкости на тарелке может быть 80 % воды + 10 % этилового спирта + 10 % сивушного масла. При той же температуре возможен и такой состав жидкости: 30 % воды + 10 % этилового спирта + 60 % сивушного масла. В первом случае колонна будет не загружена (сумма летучих компонентов 20 %), во втором — явно перегружена (сумма летучих 70 %). Во втором случае в колонне будет наблюдаться «провал», т.е. при незначительном понижении давления или температуры большое количество летучих попадает в куб и уходит с лютерной водой. При чрезмерной загрузке колонны сивушным маслом «провал» может наступить даже и при повышении температуры на тарелке в зоне максимума концентрирования сивушного масла. Этим объясняется тот факт, что при перегрузке сивушным маслом спиртовая колонна перестает «принимать» спирт и производительность ее резко снижается, поскольку, регулируя загрузку по температуре, аппаратчик сталкивается с таким явлением, когда колонна по температурному режиму как будто бы разгружается, а фактически дает потери. В таких случаях аппаратчик вынужден уменьшать подачу питания на колонну, а соответственно, и отбор спирта. Но достаточно провести выброс сивушного масла, как колонна переходит на нормальный режим работы.

сокие концентрации сивушного масла в спиртовой колонне практически не достигаются.

Таким образом, следить за загрузкой колонны сивушным маслом по температуре практически невозможно. Следует очень осторожно относиться и к регулированию загрузки колонны по температуре на тарелке питания, т.к. загрузка определяется суммарным количеством этилового спирта и сивушного масла. В том случае, когда нижняя часть колонны насыщается этиловым спиртом, температура изменяется пропорционально степени насыщения. При насыщении колонны сивушным маслом такого изменения температуры не наблюдается. Так, например,

Эту температурную аномалию следует учитывать и при автоматизации спиртовых колонн, т. к. в ряде схем автоматического регулирования загрузки колонны спиртом определяется по температуре на 8-й тарелке.

Перегрузка колонны сивушным маслом возможна в тех случаях, когда в колонне зона отбора сивушного масла лежит ниже или выше зоны его концентрирования, или при малом отборе сивушной фракции.

В заключение следует отметить, что установившаяся практика концентрирования сивушного масла (промежуточных примесей) в спиртовой колонне, по-видимому, нерациональна, поскольку при концентрировании промежуточных примесей в колонне происходит вытеснение этилового спирта из зоны концентрирования, уменьшается общий КПД тарелок (считая по спирту), т. е. снижается разделительный эффект спиртовой колонны. Практикой установлено, что колонна, разгруженная от промежуточных примесей, работает эффективнее, при меньшем удельном расходе пара (меньшем числе флегмы). Поэтому следует считать рациональным выделение промежуточных примесей (хотя бы основной их части) в элюрационной колонне, как это предусмотрено в косвенно-прямоточных установках ВНИИПрБа с направленным выделением примесей или включение в БРУ сивушной колонны.

Если определять величину отбора верхних промежуточных примесей по промежуточным эфирам, отношение концентраций которых в зоне максимума накопления и в элюрате примерно равно 10, то отбор промежуточной фракции должен составлять 10 %. Однако практика показывает, что при отборе 1–3 % крепкого сивушного спирта возможно получение спирта высокого качества. Это дает основание предположить, что часть поступающих с элюратом эфиров носит хвостовой или промежуточный характер и уходит с лютерной водой или сивушным маслом.

Теперь рассмотрим выделение **головных** примесей в условиях спиртовой колонны. Головные примеси, по-видимому, частично поступают в спиртовую колонну с элюратом, а частично образуются в самой колонне. Наличие головных примесей не дает возможности отбирать ректифицированный спирт из дефлегматора или конденсатора колонны, где достигается максимальная его концентрация.

Для отделения головных примесей пользуются или пастеризацией, или окончательной очисткой спирта в специальной колонне (элюрацией концентрированного спирта).

При пастеризации головные примеси концентрируются больше в конденсаторе, меньше в дефлегматоре. Затем может повыситься содержание примесей на 1-й, 2-й и последующих тарелках. Но т. к. примеси

непрерывно отводятся из зоны максимальной концентрации (из конденсатора) вместе с непастеризованным спиртом, они концентрируются только на самых верхних тарелках.

Если на тарелках поднимающийся пар находится в равновесии со стекающей флегмой и содержание примесей в нем равно β , их содержание в жидкости составит $\alpha = \beta/K$, где K — коэффициент ректификации примеси. Следовательно, содержание головных примесей в жидкости в K раз меньше содержания их в паре.

Анализируя процесс пастеризации, П.Л. Шиян установил, что эффект пастеризации в основном зависит от коэффициента испарения примеси K и числа флегмы R . С увеличением K и R степень очистки за счет пастеризации увеличивается. При этом обязательным условием является наличие в колонне необходимого минимума тарелок выше тарелки отбора пастеризованного спирта.

Расчеты, проведенные по метиловому спирту, который является ключевым при выработке спирта из крахмалсодержащего сырья, и особенно из сахарной свеклы, показывают, что зона пастеризации при выработке спирта «Экстра» и «Люкс» должна иметь 10–14 тарелок при отборе непастеризованного спирта соответственно 5 и 3 %. Если пастеризация не обеспечивает необходимой очистки от головных и концевых примесей, то следует устанавливать колонну окончательной очистки.

Повышение концентрации спирта уменьшает коэффициент испарения почти всех головных примесей и, следовательно, ухудшает условия пастеризации, однако это ухудшение незначительно. Необходимость снижения зоны отбора пастеризованного спирта вынуждает соответственно увеличивать общее число тарелок в спиртовой колонне, что особенно важно при выработке спирта «Экстра» и «Люкс».

Важными технологическими факторами являются выбор места отбора пастеризованного спирта и количество отбираемого непастеризованного спирта.

Увеличение отбора непастеризованного спирта снижает производительность спиртовой колонны, а уменьшение отбора повышает содержание головных примесей в непастеризованном спирте и вызывает необходимость смещать место отбора пастеризованного спирта вниз по колонне. Увеличивая число тарелок между дефлегматором и местом отбора пастеризованного спирта, можно соответственно уменьшить отбор непастеризованного спирта.

При тщательной эшюрации удается получить стандартный спирт высшей очистки при отборе непастеризованного спирта 0,5 % и ме-

нее. Это говорит о том, что новообразование головных примесей в спиртовой колонне невелико. В практике всегда следует стремиться вести процесс ректификации в спиртовой колонне так, чтобы количество погона из фонаря конденсатора спиртовой колонны было равно количеству отбираемого непастеризованного спирта. Легко рассчитать, что в этом случае при минимуме отбора непастеризованного спирта отводится максимум головных примесей в наиболее концентрированном виде.

Практика показывает, что пастеризация играет важную роль при очистке этилового спирта от метанола. Основное количество метанола уделяется в элюрационной колонне (при расходе пара на элюрацию 15 кг/дал и более), однако значительное его количество может попадать вместе с элюратом в спиртовую колонну.

Расчет расхода пара на спиртовую колонну

При расчете и нормировании спиртовых колонн важно знать зависимость расхода пара от числа флегмы и концентрации ректифицированного спирта (дистиллята). Наиболее достоверным методом расчета расхода пара (теплоты) является составление теплового баланса.

На рис. VIII-9 дана схема спиртовой колонны с указанием продуктовых потоков (в кг), где G — питание (элюрат), D — дистиллят (сумма ректифицированного и непастеризованного спирта), P — греющий пар, S — лютерная вода, R — число флегмы.

Буквой i (в кДж/кг) с соответствующими индексами обозначено тепло-содержание продуктов в жидкой фазе, а через i — в паровой фазе (в кДж/кг).

Уравнение теплового баланса колонны:

$$PI_p + Gi_G + RDi_D = (R + 1)DI_D + Si_S + Q_p, \quad (\text{VIII-1})$$

где Q_p — теплопотери в окружающую среду и неучтенная теплота (пары сивушной фракции, догрев питания до температуры кипения).

При закрытом обогреве уравнение (VIII-1) относительно удельного расхода теплоты может быть преобразовано в уравнение (VIII-2):

$$Q = 1,05 \left[\frac{X_G}{X_D} (I_D(R + 1) - Ri_D - i_S) + i_S - i_G \right], \quad (\text{VIII-2})$$

где Q — расход теплоты на 1 кг введенного в колонну элюрата; 1,05 — коэффициент, учитывающий отвод тепла с сивушной фракцией и теп-