

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**Н.В. Баракова**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ  
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СПИРТА  
И КРЕПКИХ АЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ**

**Учебно-методическое пособие**

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**Санкт-Петербург**

**2015**

УДК 663.5

**Баракова Н.В.** Технологические расчеты при производстве спирта и крепких алкогольных напитков: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. – 94 с.

Приведены технологические расчеты расхода зерна, ферментных препаратов, воды, пара при производстве спирта. Рассмотрены продуктовые расчеты при производстве коньяка.

Технологические расчеты при производстве спирта из зернового сырья и коньяка предназначены для магистрантов направления 19.04.02 всех форм обучения.

**Рецензент: доктор техн. наук, проф. А.Г. Новосёлов**

**Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом  
Института холода и биотехнологий**



**Университет ИТМО** – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 – 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2015

© Баракова Н.В., 2015

# 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СПИРТА ИЗ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ

Состояние спиртовой отрасли в России в настоящий момент требует широкой модернизации всех технологических участков по производству этилового спирта.

Для выполнения данной задачи от технологов требуется знание современных научных разработок, способствующих интенсификации технологии получения спирта, способов сокращения расхода тепло- и энергоресурсов, эффективному использованию всех компонентов зернового сырья.

При выполнении поставленной цели технологи должны владеть навыками технологических расчетов количества перерабатываемого сырья для выполнения дальнейших расчетов по подбору технологического оборудования в зависимости от мощности модернизируемого участка или завода в целом.

## 1.1. Технологическая схема производства спирта из зернового сырья

До последнего времени на спиртовых заводах в основном применялись схемы непрерывного разваривания измельченного крахмалсодержащего сырья под повышенным давлением в аппаратах колонного и трубчатого типов. В настоящее время широко распространен способ механико-ферментативной обработки крахмалистого сырья, предусматривающий применение водно-тепловой обработки в непрерывном процессе при температуре не выше 100 °С (рис. 1.1).

**Характеристика и выбор сырья.** В настоящее время основным сырьем для производства спирта является зерно: пшеница, рожь, ячмень, кукуруза. При выборе сырья необходимо учитывать химический состав, выход спирта из перерабатываемого сырья, географическое расположение спиртового завода и наличие поставщиков в близлежащих районах.

**Приём зерна.** Зерно на завод поступает железнодорожным или автомобильным транспортом.

**Взвешивание зерна** на заводе осуществляется на стационарных или вагонных весах  $I$ , которые устанавливают вблизи зернохранилища.

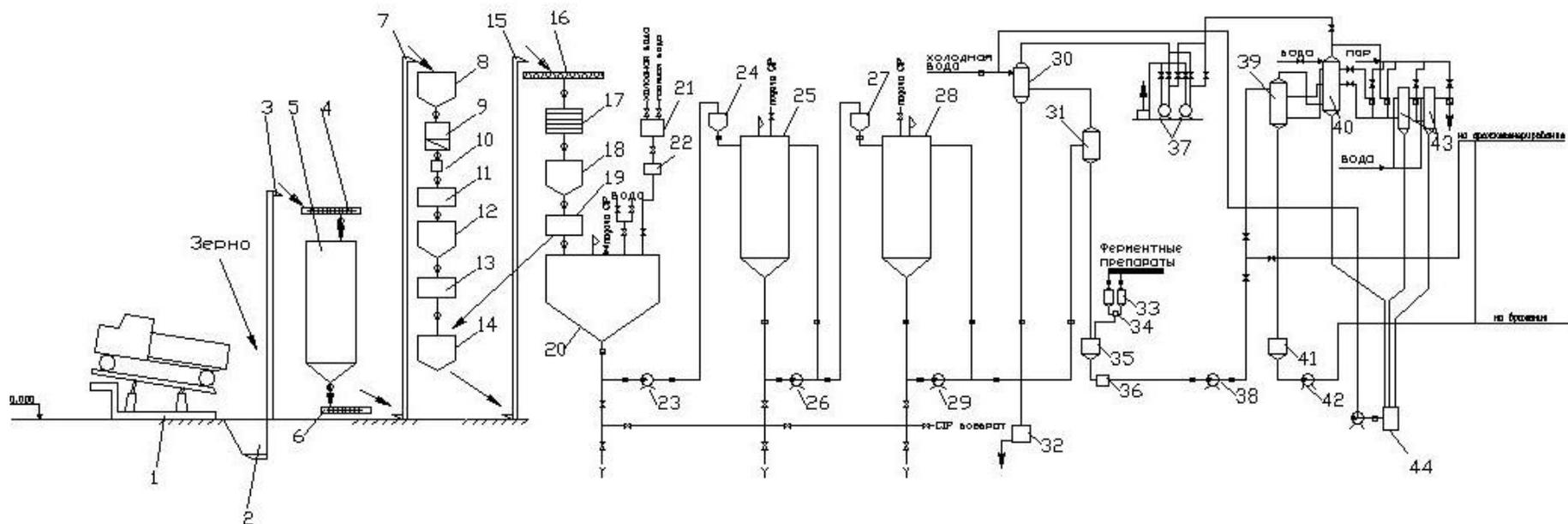


Рис. 1.1:

1 – автопогрузчик; 2 – приемный бункер; 3, 7, 15 – нории; 4, 6, 16 – конвейеры; 5 – бункер для зерна; 8, 12, 14 – бункера; 9 – зерноочистительный сепаратор; 10 – электромагнитный сепаратор; 11 – автоматические весы; 13 – молотковая дробилка; 18 – вальцовый станок; 19 – сборник с дозатором; 20 – смеситель; 21 – сборник для ферментных препаратов; 22 – дозатор ферментных препаратов; 23, 26, 29, 38, 42, 44 – насосы; 24, 27 – контактные головки; 25 – емкость для ГДФО-1; 28 – емкость для ГДФО-2; 30, 40 – барометрические конденсаторы; 31 – вакуумный испаритель I ступени; 32 – барометрический сборник; 33 – сборник ферментных препаратов; 34 – дозатор ферментных препаратов; 35 – осахариватель; 36 – ловушка; 37, 43 – вакуум-насосы; 39 – вакуумный испаритель II ступени; 41 – продуктовый сборник; 43 – конденсаторы

**Подработка зерна.** Все зерно, поступающее на завод с засоренностью более нормированной, должно подвергаться очистке на зерноочистительных машинах до кондиций, отвечающих целевому назначению. Нормативное содержание примесей и влажность в товарном зерне приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

**Нормативные содержание примесей и влажность в товарном зерне**

Культура зерна	Натура, г/л	Влажность, %	Содержание примесей в товарном зерне, %	
			сорной	зерновой
Пшеница	760	14,5–15,5	1	2
Рожь	680	14,5–15,5	1	1
Ячмень	580	14,5–15,5	2	2
Овес	400	14–18	1	2
Кукуруза	680	13–14	1	1

Все виды зерна, поступающего в производство, очищают от пыли, земли, камней, металлических и других посторонних примесей. Посторонние примеси, отличающиеся от зерна толщиной (шириной) и аэродинамическими свойствами (парусностью), отделяют на воздушно-ситовом сепараторе. Сита с необходимыми отверстиями подбирают в зависимости от культуры зерна.

Зерно очищается в сепараторе следующим образом. Через приемную коробку оно попадает в первый пневмосепарирующий канал, в котором отсеиваются легкие примеси. Затем зерно проходит все сита последовательно. С первого сходят грубые примеси, со второго – примеси размером несколько большим, чем размер зерна. Основная масса зерна собирается на третьем сите, а проходят через него примеси размером, меньшим размера зерна. Зерно и примеси движутся по ситам вследствие колебаний и наклонного расположения ситового корпуса.

Зерновой поток на втором пневмосепарирующем канале еще раз продувается струей воздуха и выводится из сепаратора. Пыль и легкие примеси, уносимые вентилятором, направляются в специальные циклоны-уловители. В зерне, идущем на варку, содержание сорных примесей не должно превышать 1 %. Очищенное зерно по-

стует на хранение, для этого используется подъемная нория очищенного зерна. Поступающее зерно должно распределяться по складам, строго по культурам и качественным признакам.

Для обеспечения безопасности условий труда, а также пожаро- и взрывобезопасности при хранении и подработке зерна необходимо предусматривать аспирацию пылевыведяющего оборудования.

При проектировании аспирационных систем необходимо руководствоваться СНиП 2.04.05–91. При аспирации зерноочистительных машин и транспортного оборудования средняя концентрация пыли в воздухопроводе до пылеотделителя – 3–6 г/м<sup>3</sup>.

При аспирации силосов, бункеров, весового оборудования средняя концентрация пыли в воздухопроводе – 0,5 г/м<sup>3</sup>.

Коэффициент пылеотделения циклонов типа ЦОЛ – 95 %, типа БЦШ – 98 %.

Исключить возможность работы пылевыведяющего оборудования без пылеудаления, предусматривая обязательную блокировку электродвигателей вентилятора и аспирируемого оборудования с тем, чтобы пуск вентиляторов осуществлялся с опережением на 15 с от пуска технологического оборудования и на 2–3 мин позднее его остановки.

Пылеотделители (циклоны) рекомендуется устанавливать на нагнетательной части сети. Допускается установка пылеотделителей (циклонов) на всасывающей части сети.

Транспортирование отходов и пыли следует предусматривать: самотечным, механическим, пневматическим транспортом. Устройство и расположение бункеров для хранения отходов должны обеспечивать возможность подъезда и установки транспортных средств.

**Сушка влажного зерна.** При поступлении зерна с повышенной влажностью необходимо его подсушить до 12–14 %. Для этого предусматривается зерносушилка, над которой должен быть бункер запаса зерна. Высушенное зерно из зерносушилки подается к подъемной нории, с помощью которой зерно направляется на хранение.

**Хранение зерна.** Зерно хранят в силосных элеваторах. Хранение зерна в элеваторах обеспечивает большую возможность механизации, а также меньшие потери зерна.

В технологической схеме подготовки и переработки зерна требуется максимально соблюдать принцип самотека. Для этого зерно поднимают на верхний этаж производственного здания и после-

довательно самотеком направляют через зерноочистительные машины и весы и на измельчение.

Примеси (крупные и очень мелкие) отделяются на воздушно-ситовом сепараторе 9, а остальные, с размером, близким к зерну, остаются в зерне.

Для улавливания металлопримесей, которые могут причинять заклинивание задвижек, поломки измельчающих агрегатов и другие нарушения процесса переработки зерна, на зерновой течке после воздушно-ситового сепаратора устанавливают магнитные аппараты 10.

**Дробление зерна.** Эффективность и стабильность всей технологии зависят прежде всего от успешного перевода крахмала зерна в растворимое состояние. Эта задача решается путем предварительного одно–двухступенчатого измельчения зерна на молотковых, вальцевых, дисмембраторных дробилках.

Для получения высокодисперсных и равномерных помолов зерно измельчается в две стадии. Первая стадия проводится на молотковой дробилке 13. Полученный помол направляется на сита для разделения его на две фракции с различной крупностью частиц – более и менее 1 мм. Крупная фракция помола (вторая стадия) подается для повторного измельчения на вальцовый станок 14. Двустадийный способ измельчения зерна позволяет получить более тонкий и равномерный помол, уменьшить температуру и продолжительность разваривания сырья, снизить потери сбраживаемых веществ при разваривании.

**Водно-тепловая обработка замеса, охлаждение и осахаривание.** Основная цель водно-тепловой (ВТО) обработки сырья – перевод крахмала в растворенное состояние. Одной из основных характеристик качества ВТО является содержание нерастворенного крахмала в готовых бражках. Наличие нерастворенного крахмала в зрелых бражках строго регламентировано и при работе по механико-ферментативной схеме составляет не более 0,01 %.

Сырьё разваривают до такого состояния, при котором обеспечивается хороший доступ ферментов осаживающих материалов к крахмалу сырья и другим веществам. Для этого выбирают такой режим разваривания, при котором клеточная структура сырья разрушается и крахмал, межклеточные и инструктирующие вещества переходят в растворимое состояние.

В основу способа «мягкого» разваривания положен метод гидроферментативного растворения веществ зерна, где технологический фактор растворения веществ – не температура разваривания сырья, при которой протекают процессы термогидратации и термогидролиза крахмала, а фактор времени протекания ферментативных и гидродинамических процессов.

Измельченное зерно поступает в сборник с дозатором 19 и затем в смеситель 20, куда одновременно подают воду и  $\alpha$ -амилазу из сборника 21 через дозатор 22. В смесителе поддерживается температура 50–55 °С. Из смесителя замес подается насосом 23 через контактную головку 24 в аппарат 25 гидродинамической и ферментативной обработки первой ступени (ГДФО 1). В контактной головке замес быстро нагревается до 65–75 °С и поступает в ГДФО первой ступени, где выдерживается в течение 120–150 мин при постоянном перемешивании, осуществляемом механической мешалкой, или циркуляции с помощью насоса 26. Для поддержания постоянной температуры пар подают в рубашку или змеевик. Готовый замес через переливной патрубок непрерывно поступает в аппарат 28 гидроферментативной обработки второй ступени. В аппарате ГДФО второй ступени замес подогревается до 80–95 °С и выдерживается в непрерывном потоке при перемешивании в течение 30–40 мин. Из аппарата ГДФО второй ступени масса насосом 29 подается на охлаждение. Первая ступень охлаждения до температуры 60–62 ° происходит в испарителе первой ступени 31 при вакууме в пределах 0,08–0,081 МПа.

Осахаривание разваренной массы происходит в осаживателе 35, где масса смешивается с ферментными препаратами, содержащими глюкоамилазу (доза внесения – 4,0–6,5 ед. ГлС/г крахмала), поступающими из сборника ферментов 33 через дозатор 34. Осаживание проводится при температуре 50–60 °С в течение 10–30 мин.

Перед подачей полученного суслу на брожение необходимо его охладить. Вторая ступень охлаждения до температуры складки 18–20 ° С производится в испарителе второй ступени 39 при вакууме в пределах 0,02–0,021 МПа.

**Приготовление производственных дрожжей.** На спиртовых заводах при внедрении механико-ферментативного способа обработки крахмалистого сырья процесс дрожжегенерации заключается в разведении производственных дрожжей из чистой культуры или захоложенных засевных дрожжей (рис. 1.2).

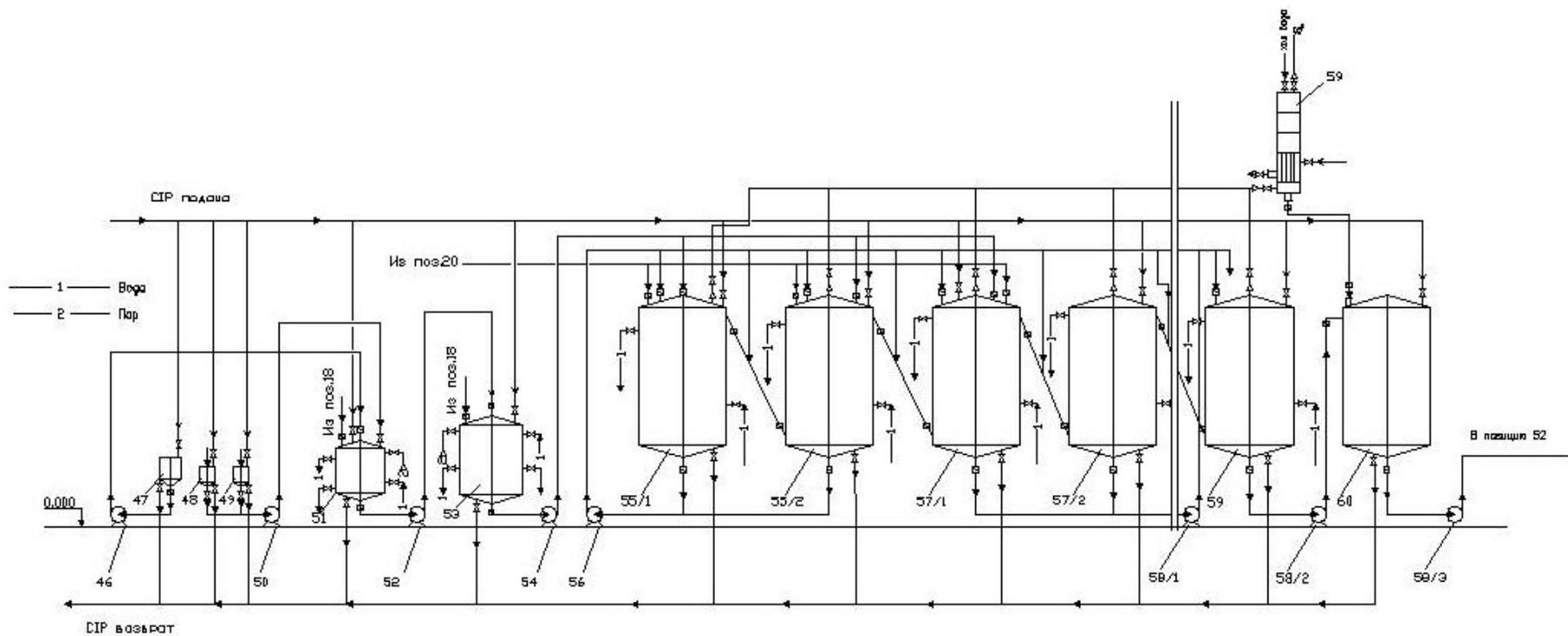


Рис. 1.2:

46, 50, 52, 54, 56, 58/1, 58/2, 58/3 – насосы; 47 – маточник; 49 – сборник серной кислоты;  
 51 – дрожжанка; 53 – возбуживатель; 55/1, 2 – головные бродильные чаны; 57 – бродильные чаны;  
 59 – спиртоловушка; 60 – передаточный чан

В дрожжанку отбирается сусло из осахаривателя после внесения в него увеличенного количества глюкоамилазы из расчета дозировки 9 ед. ГлС при переработке пшеницы, ржи, ячменя и 12 ед. на 1 г условного крахмала – при переработке кукурузы.

Сусло для осахаривания выдерживается в течение 2 ч при температуре 55–57 °С, затем 1 ч при температуре 65–68 °С, после чего пастеризуется 20 мин при 85 °С, охлаждается до 50–52 °С и подкисляется серной кислотой до рН 3,8–3,6.

После охлаждения до температуры 30 °С в сусло задаются засевные дрожжи в количестве 10–15 % (по объему сусла). Дрожжи считаются готовыми, когда концентрация сухих веществ в сброживаемой среде понизится на 60–65 %.

При периодическом способе брожения рН готовых производственных дрожжей при температуре 18–20 °С находится в пределах 3,6–3,8.

Перед подачей в бродильный аппарат рН дрожжей понижается до 3,2–3,4, что способствует повышению чистоты брожения.

**Сбраживание.** Охлажденное до температуры складки – 18–24 °С осахаренное сусло ставится на брожение. Температура бродящей массы поддерживается в пределах 29–30 °С подачей холодной воды в змеевики бродильных чанов или перекачиванием массы через выносные теплообменники.

Непрерывно-поточный способ сбраживания крахмалистого сырья осуществляется в батарее из 8–10 последовательно соединенных бродильных чанов. Из них – два головных 55, один передаточный 60, остальные 57 – бродильные. Желательно, чтобы емкости чанов были одинаковыми. Температура брожения в первом чане поддерживается в пределах 26–27 °С, во втором – 27 °С, в третьем – 29–30 °С, в последующих – 27–28 °С. Температура в чане поддерживается подачей охлаждающей воды в змеевик. Системами охлаждения оборудуются первые 4–5 чанов в батарее. Продолжительность брожения – 60 ч.

Залив потока производится в следующем порядке: в предварительно промытый и простерилизованный головной чан передаются из возбравителя зрелые дрожжи в количестве 50–100 % к объему бродильного чана, одновременно туда же начинается приток сусла. Скорость подачи сусла следует поддерживать на уровне 10–12 % от объема головного чана в час.

Для предотвращения развития инфекции предусматривается периодическая профилактическая стерилизация оборудования без прекращения подачи суслу в батарею. Содержимое первого головного чана насосом 56 перекачивается во второй, сюда же переводится приток суслу. Освободившийся чан промывается, пропаривается, охлаждается и вновь заполняется по вышеописанному режиму. Чаны освобождаются через 36 или 48 ч от начала притока суслу в батарею. При освобождении головных чанов через 48 ч вслед за ними поочередно освобождаются все чаны батареи, так что новая порция суслу, поступающая в головные чаны, не смешивается с суслom, ранее заполнившим батарею.

Продолжительность брожения, считая от начала залива чана до начала перегонки зрелой бражки, составляет 72 ч.

Количество спирта, уносимого из бродильных чанов с углекислым газом, в среднем составляет 0,8 %.

**Брагоректификация спирта.** Работа брагоректификационной установки косвенно-прямоточного действия осуществляется следующим образом (рис. 1.3): зрелая бражка подается через подогреватель бражки 69 и сепаратор бражки 67 в бражную колонну 61. Образующаяся в кубовой части бражной колонны барда через бардяной регулятор отводится из колонны 74. Водно-спиртовые пары бражной колонны конденсируются в подогревателе бражки 69, конденсаторе 70, образующийся конденсат поступает на питающую тарелку элюационной колонны 62. На эту же тарелку подается конденсат паров бражки из сепаратора 67, образующийся в конденсаторе CO<sub>2</sub> 66. Несконденсировавшиеся пары из конденсаторов подаются в спиртоловушку, где конденсируются, конденсат направляется в контрольный снаряд для ЭАФ и на орошение элюационной колонны 62.

Элюированный водно-спиртовой пар бражной колонны через ловушку бражной колонны поступает в кубовую часть элюационной колонны. В дефлегматоре 72 элюационной колонны отбирается спирт первого погона и через конденсаторы 73 направляется в контрольный снаряд 77 для ЭАФ, а флегма направляется на верхнюю тарелку элюационной колонны 62. Водно-спиртовая смесь, свободная от головных погонов, из кубовой части элюационной колонны самотеком направляется в ректификационную колонну 64. В элюате допускаются следы альдегидов, метанола не более 0,03 %. Расход пара на элюацию составляет 8–10 кг на 1 дал.

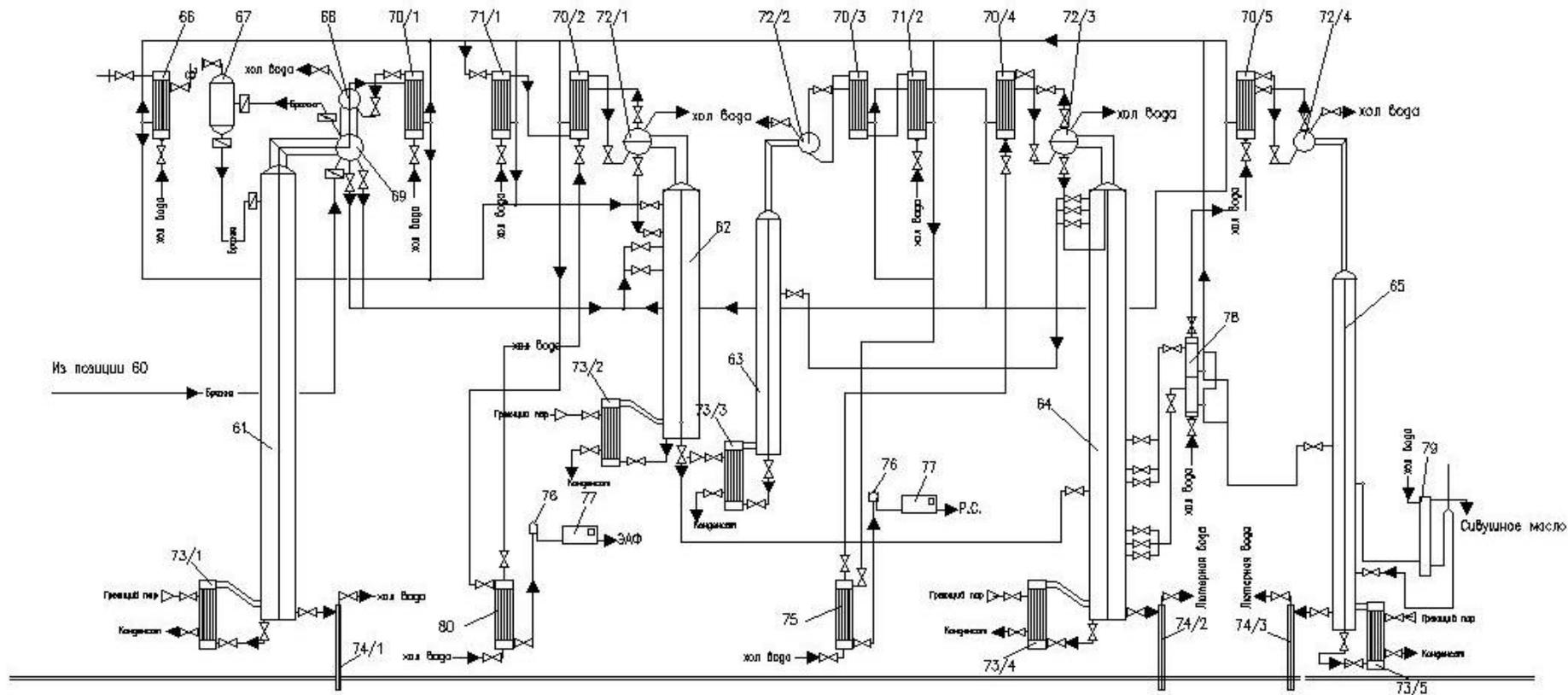


Рис. 1.3:

61 – бражная колонна; 62 – эпорационная колонна; 63 – колонна окончательной очистки; 64 – ректификационная колонна; 65 – сивушная колонна; 66 – конденсатор CO<sub>2</sub>; 67 – сепаратор CO<sub>2</sub>; 68 – основной конденсатор бражной колонны; 69 – подогреватель бражки; 70 – конденсатор; 71 – сепаратор; 72 – дефлегматор; 73 – кипятыльники-испарители; 74 – гидравлический затвор; 75 – холодильник спиртовой ректификованного спирта; 76 – фонарь; 77 – контрольный снаряд; 78 – холодильник сивушного масла; 79 – экстрактор сивушного масла; 80 – холодильник ЭАФ

В дефлегматоре 72 ректификационной колонны 64 отбираются головные фракции и через конденсатор и спиртоловушку направляются на орошение ректификационной и эспираторной колонн.

С верхней части ректификационной колонны отбирается спирт и через конденсатор направляется в контрольный снаряд для спирта 77. С нижних тарелок ректификационной колонны производится отбор паров сивушного масла и сивушного спирта, которые через инжектор подаются в сивушную колонну 65.

Сивушная колонна предусматривает питание сивушным паром, отбираемым с 7–9-й тарелок (снизу) ректификационной колонны, и крепким сивушным спиртом, отбираемым в жидком виде с 17, 19, 21-й тарелки. Из сивушной колонны водно-сивушные пары направляются в конденсатор и конденсируются, через разделитель дистиллята водно-спиртовая смесь направляется на орошение сивушной колонны, а дистиллят через дефлегматор и конденсатор направляется в холодильник сивушного масла 78 и сборник сивушного масла.

Колонна окончательной очистки 63 служит для выделения головных продуктов, особенно альдегидов. Обладая более высоким коэффициентом ректификации, чем этанол, они могут быть выделены из ректификата при кипячении на тарелках выварной колонны. Для этого устанавливают колонну, состоящую из 15–20 выварных тарелок и около 10 концентрационных, предназначенных для концентрации выделяемых головных примесей. Ректификат из ректификационной колонны 64 поступает в верхнюю часть колонны окончательной очистки и, стекая по тарелкам, подвергается кипячению; при этом, так как ректификат, поступающий в колонну, имеет высокую крепость, выделение метанола как головной примеси идет весьма эффективно. Головные продукты поступают в конденсатор 70 и удаляются из аппарата. Очищенный окончательно ректификат из нижней части колонны поступает на холодильник 75.

Колонна окончательной очистки работает по принципу эспираторной колонны, но в отличие от нее имеет высокую и практически постоянную по высоте колонны концентрацию спирта и обязательно обогревается глухим паром через змеевик 73, установленный в нижней части колонны. Расход пара составляет 5–6 кг на 1 дал.

Получаемый на установке ректифицированный спирт из холодильника поступает на контрольные снаряды, где учитываются объем проходящего спирта и концентрация в расчете на безводный спирт.

Из контрольных приборов спирт поступает в спиртоприемники спиртоприемного отделения, емкость которых рассчитывается на двухсуточную производительность установки. Каждая смена должна работать на индивидуальный спиртоприемник.

Измерение объема спирта производится стандартными мерниками. Хранение спирта в емкостях спиртохранилища и отпуск спирта потребителю производится в соответствии со СанПиН 2.3.4.704–98.

Спирт этиловый ректификованный производится согласно ГОСТ 5962–2013 «Спирт этиловый ректификованный из пищевого сырья». Технические условия». По физико-химическим показателям этиловый спирт из пищевого сырья должен соответствовать требованиям, указанным в табл. 1.2.

Таблица 1.2

**Физико-химические показатели этилового спирта**

Наименование показателя	Норма для спирта					
	I сорт	Высшей очистки	«Базис»	«Экстра»	«Люкс»	«Альфа»
Объемная доля спирта этилового, %, не менее	96,0	96,2	96,0	96,3	96,3	96,3
Проба на чистоту с серной кислотой	Выдерживает					
Проба на окисляемость, мин, при 20°, не менее	10	15	20	20	22	20
Массовая концентрация уксусного альдегида в пересчете на безводный спирт, мг/дм <sup>3</sup> , не более	10	4	5	2	2	2

Продолжение табл. 1.2

Наименование показателя	Норма для спирта					
	I сорт	Высшей очистки	«Базис»	«Экстра»	«Люкс»	«Альфа»
Массовая концентрация сивушного масла (1-пропанол, 2-пропанол)	35	6	5	5	5	5
Массовая концентрация сложных эфиров (метилацетат, этилацетат) в пересчете на безводный спирт, мг/дм <sup>3</sup> , не более	30	13	13	10	5	10
Объемная доля метилового спирта в пересчете на безводный, %, не более	0,05	0,03	0,05	0,02	0,02	0,003
Массовая концентрация свободных кислот (без CO <sub>2</sub> ) в пересчете на безводный спирт	20	15	15	12	8	12
Массовая концентрация сухого остатка в пересчете на безводный спирт, мг/дм <sup>3</sup>	Не нормируется	Не нормируется	15	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется

Наименование показателя	Норма для спирта					
	I сорт	Высшей очистки	«Базис»	«Экстра»	«Люкс»	«Альфа»
Массовая концентрация летучих азотистых оснований в пересчете на азот, в 1 дм <sup>3</sup> безводного спирта, мг, не более	Не нормируется	Не нормируется	10	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется

## 1.2. Расчет продуктов при производстве спирта из зернового сырья

Продуктовый расчет проводится применительно к механико-ферментативной схеме обработки сырья (см. рис. 1.1). Объем производства этилового спирта планируется в едином измерителе – условном спирте-сырце, пересчитанном на безводный спирт. Условным спиртом-сырцом называется сумма выпускаемого ректифицированного спирта, отходов (головная фракция, сивушное масло) и потерь при ректификации.

### 1.2.1. Расчет продуктов до перегонки (получение бражки) Исходные данные

Расчет ведется на 100 дал спирта. Производительность завода по спирту 1000 дал/сут. Для получения спирта используется пшеница, физико-химические показатели которой приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

#### Физико-химические показатели пшеницы

Показатель	Количество
Влажность, %	14,5
Содержание зерновой примеси, %	2,5
Содержание сорной примеси, %	1,5

Окончание табл. 1.3

Показатель	Количество
Натуральная масса, г/л	760
Крахмалистость, %	52

Выход спирта из 1 т условного крахмала пшеницы (прил. 1) – 66,7 дал. Гидромодуль замеса – 1:2,5.

Для технологических расчетов использовать ферментные препараты фирмы ERBSLOH. Характеристика ферментных препаратов, применяемых для гидролиза компонентов зернового сырья, приведена в табл. 1.4.

Таблица 1.4

#### Характеристика ферментных препаратов

Название препарата	Основной фермент (шифр КФ)	Активность, ед./мл	Действие	Диапазон температур, °С	Диапазон pH
Дистицим БА-Т	Термостабильная $\alpha$ -амилаза (3.2.1.1)	1600	Разжижающее	30–110	5,5–8,5
Дистицим АГ	Глюкоамилаза (3.2.1.3)	6500	Осахаривающее	30–70	3,5–6,0
Дистицим GL	Термостабильная $\beta$ -глюканаза (3.2.1.6, 3.2.1.4), ксиланаза (3.2.1.8, 3.2.1.32)	700	Гидролиз ксилана и $\beta$ -глюкана	30–90	5,0–8,0
Дистицим Протацид Экстра	Протеаза кислая (3.4.2х.хх)	350	Гидролиз белка	15–70	2,0–6,0

Дозы внесения ферментных препаратов необходимо выбирать на основании рекомендаций фирмы-производителя, представленных в табл. 1.5 и прил. 2, согласно технологической инструкции на применение этих препаратов.

Таблица 1.5

**Нормы расхода концентрированных ферментных препаратов  
фирмы ERBSLON**

Наименование препарата	Рекомендуемая дозировка
Дистицим БА-Т	0,5–0,6 ед/г крахмала
Дистицим АГ	4,0–6,2 ед/г крахмала
Дистицим GL	0,04–0,1 ед/г сырья
Дистицим Протацид Экстра	0,02–0,05 ед/г сырья

При выполнении продуктового расчета необходимо учитывать потери и отходы сырья, указанные в табл. 1.6.

Таблица 1.6

**Отходы и потери в производстве**

Потери (отходы)	Величина
Потери, %: при разгрузке зерна при хранении зерна в элеваторе	0,2 0,07
Отходы, %: сорная примесь зерновая примесь	1,0 2,0
Потери крахмала при измельчении зерна, %	Не более 0,3
Потери сбраживаемых углеводов в процессе водно-тепловой обработки крахмалсодержащего сырья	В связи со сложностью их учета включают в неопределяемые потери
Потери при брожении складываются из затрат сбраживаемых углеводов на образование биомассы дрожжей и вторичных продуктов брожения, нарастание кислотности бражки и углеводов, оставшихся несброженными и затраченных на образование спирта, уносимого из бражки диоксидом углерода	На синтез биомассы дрожжей – 1,5 %. На образование глицерина – 2,5 %, а всего – 4 %

Количество несброженных углеводов является интегральным показателем работы спиртового завода, так как отражает правильность не только процесса брожения, но и всех предшествующих ему стадий технологии. ВНИИПрБ на основании разработанного им антроново-колориметрического метода определения сбраживаемых углеводов в бражке предложил следующую оценку работы заводов по этому показателю (г/100 мл): 0,25 и менее – отличная; 0,25–0,35 – хорошая; 0,35–0,45 – удовлетворительная; более 0,45 – неудовлетворительная. Определение видимой плотности зрелой бражки используют лишь в целях ориентировочного оперативного контроля процесса брожения.

### Продуктовый расчет

**Расход крахмала.** Согласно тому, что выход спирта составляет 66,7 дал/т условного крахмала, для получения 100 дал спирта-сырца расходуется

$$\frac{100}{66,7} = 1,499 \text{ т или } 1499 \text{ кг условного крахмала пшеницы.}$$

Потери крахмала при измельчении составляют 0,3 % от содержания его в сырье. Следовательно, количество условного крахмала, содержащегося в очищенном зерне и поступающего на измельчение, должно составлять

$$\frac{1499 \cdot 100}{99,7} = 1503,5 \text{ т условного крахмала.}$$

**Расход пшеницы.** При крахмалистости пшеницы, равной 52 %, для получения 100 дал спирта-сырца необходимо измельченной пшеницы на водно-тепловую обработку

$$\frac{1499 \cdot 100}{52} = 2882,69 \text{ кг измельченной пшеницы.}$$

В состав пшеницы входят сбраживаемые и несбраживаемые вещества, количество которых приведено в табл. 1.7.

Таблица 1.7

**Состав пшеницы**

Вещества	Содержание, %	Количество, кг
Сбраживаемые вещества	52	1499,00
Несбраживаемые вещества	35,5	1023,35
Всего сухих веществ	85,5	2522,35
Вода	14,5	418,00
Итого	100	2882,69

При крахмалистости пшеницы, равной 52 %, для получения 100 дал спирта-сырца необходимо очищенной пшеницы до измельчения

$$\frac{1503,5 \cdot 100}{52} = 2891,3 \text{ кг очищенной пшеницы до измельчения.}$$

В процессе очистки зерна отходит 1,5 % сорной и 2,5 % зерновой примеси; количество зерна, поступающего на очистку, составит

$$\frac{2891,3 \cdot 100}{96} = 3011,82 \text{ кг неочищенной пшеницы.}$$

При влажности зерна 14,5 % количество сухих веществ в очищенной пшенице составит

$$\frac{3011,82 \cdot 85,5}{100} = 2575,11 \text{ кг сухих веществ.}$$

Потери зерна при хранении зерна в элеваторе составляют 0,07 %; следовательно, количество зерна, подаваемого на хранение, составит

$$\frac{3011,82 \cdot 100}{99,93} = 3013,82 \text{ кг неочищенной пшеницы.}$$

Потери зерна при разгрузке составляют 0,2 %; следовательно, количество товарного зерна, поступающего на завод, составит

$$\frac{3041,32 \cdot 100}{98} = 3103,39 \text{ кг товарной пшеницы.}$$

**Расход воды, зерна, ферментных препаратов при приготовлении замеса.** Расход теплой воды, поступающей на приготовление замеса в смеситель, составляет

$$2882,69 \cdot 2,5 = 7206,73 \text{ кг воды,}$$

где 2,5 – гидромодуль замеса

Доза внесения ферментного препарата *Дистицим БА-Т* для разжижения замеса в смеситель составляет 0,5 ед.АС на 1 г крахмала (см. табл. 1.4), для разжижения 1499 кг условного крахмала необходимо

$$\frac{1499 \cdot 10 \cdot 0,5}{1} = 750 \cdot 10^3 \text{ ед.АС.}$$

В 1 мл ферментного препарата *Дистицим БА-Т* содержится 1600 ед.АС. Для внесения  $750 \cdot 10^3$  ед.АС необходимо

$$\frac{750 \cdot 10}{1600} = 470 \text{ мл.}$$

При удельной плотности препарата  $\rho = 1,23 \text{ г/см}^3$  масса ферментного препарата составит

$$470 \text{ см}^3 \cdot 1,23 \text{ г/см}^3 = 578 \text{ г} = 0,578 \text{ кг.}$$

Препарат предварительно разводят водой до объёма

$$0,47 \text{ л} \cdot 10 = 4,7 \text{ л.}$$

Доза внесения ферментного препарата *Дистицим GL* для гидролиза некрахмалистых полисахаридов (пентозанов и  $\beta$ -глюканов) в смеситель составляет 0,04 ед. КС на 1 г сырья (см. табл. 1.5). Если в сутки перерабатывается 2882,69 кг сырья, то для гидролиза некрахмалистых полисахаридов количество единиц активности ферментного препарата *Дистицим GL* в сутки составит

$$\frac{2882,69 \cdot 10^3 \cdot 0,04}{1} = 115,31 \cdot 10^3 \text{ ед.КС.}$$

В 1 мл ферментного препарата *Дистицим GL* содержится 700 ед.КС. Для внесения  $115,31 \cdot 10^3$  ед. КС необходимо

$$\frac{115,31 \cdot 10^3 \cdot 1}{700} = 164 \text{ мл.}$$

При удельной плотности ферментного препарата  $\rho = 1,21 \text{ г/см}^3$  масса ферментного препарата составит

$$164 \text{ см}^3 \cdot 1,21 \text{ г/см}^3 = 198 \text{ г} = 0,2 \text{ кг.}$$

Препарат предварительно разводят водой до объёма

$$0,164 \text{ л} \cdot 10 = 1,64 \text{ л.}$$

Общее количество замеса составит

$$2883 + 7208 + 0,58 + 0,2 = 10089,04 \text{ кг.}$$

Содержание сухих веществ в замесе составит

$$\frac{2522,35 \cdot 100}{10089,04} = 25 \text{ \%}.$$

Теплоемкость замеса

$$\begin{aligned} C_{зам} &= C_{св} \cdot 0,25 + C_{воды} \cdot 0,75 = 1,5 \cdot 0,25 + 4,2 \cdot 0,75 = \\ &= 0,366 + 3,18 = 3,53 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К,} \end{aligned}$$

где  $C_{св}$  – теплоемкость зерна;  $C_{воды}$  – теплоемкость воды.

Расход острого пара давлением 0,06 МПа на прогрев замеса в контактной головке от температуры 50 до 70 °С составляет

$$\frac{10089,04 \cdot 3,53 \cdot (70 - 50) \cdot 1,04}{2762,9 - 568,2} = 337,5 \text{ кг},$$

где 70 – температура замеса в емкости ГДФО 1 для разжижения замеса, °С; 50 – температура замеса в смесителе, °С; 1,04 – коэффициент, учитывающий потери тепла; 2762,9 – теплосодержание пара при 0,06 МПа, кДж/кг; 568,2 – теплосодержание конденсата пара при 0,06 МПа, кДж/кг.

Количество разжиженного замеса, выходящего из емкости для ГДФО 1,

$$10089,04 + 337,5 = 10426,54 \text{ кг}.$$

Расход острого пара давлением 0,06 МПа на нагрев замеса в емкости для разжижения от температуры 70 до 90 °С составляет

$$\frac{10426,54 \cdot 3,53 \cdot (90 - 70) \cdot 1,04}{2762,9 - 568,2} = 348,82 \text{ кг}.$$

Количество подваренного замеса, выходящего из емкости для ГДФО 2,

$$10426,54 + 348,82 = 10775,36 \text{ кг}.$$

**Расход пара, массы сырья, осаживающих материалов при охлаждении разваренной массы под вакуумом до температуры осаживания.** Количество вторичного пара, образующегося в испарительной камере I ступени при перепаде температуры с 90 до 63 °С,

$$\frac{10775,36 \cdot 3,53 \cdot (90 - 63)}{2358,4 - 3,53 \cdot 63} = 480,8 \text{ кг},$$

где 90 – температура разваренной массы, выходящей из емкости для разжижения, °С; 63 – температура массы в испарительной камере, °С; 2358,4 – теплота парообразования при 63 °С, кДж/кг; 3,56 – теплоемкость массы, кДж/(кг·К).

Объем выделившегося пара в испарительной камере I ступени составит

$$480,8 \cdot 6,79 = 3264,65 \text{ м}^3,$$

где 6,79 – объем 1 кг пара при  $t = 63$  °С.

Расход воды на водоструйный конденсатор

$$\frac{408,8 (2622,7 - 4,2 \cdot 45)}{4,2(45 - 24)} = 13266,69 \text{ кг},$$

где 480,8 – количество пара, поступившего в конденсатор, кг; 2622,7 – теплосодержание пара при 63 °С, кДж/кг; 45 и 24 – температура уходящей и поступающей в конденсатор воды, °С; 4,2 – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·К).

Количество массы, выходящей из испарительной камеры I ступени в осаживатель, составит

$$10775,36 - 480,8 = 10294,56 \text{ кг}.$$

Доза внесения ферментного препарата *Дистицим Протацид Экстра* для гидролиза белков (см. табл. 1.5) составляет 0,02 ед. ПС на 1 г сырья; если в сутки перерабатывается 2882,69 кг условного крахмала, то количество единиц активности ферментного препарата *Дистицим Протацид Экстра* в сутки составит

$$\frac{2882,69 \cdot 10^3 \cdot 0,02}{1} = 57,65 \cdot 10^3 \text{ ед.ПС}.$$

В 1 мл ферментного препарата *Дистицим Протацид Экстра* содержится 320 ед.ПС.

Для внесения  $299,8 \cdot 10^3$  ед.ПС необходимо

$$\frac{57,65 \cdot 10^3 \cdot 1}{320} = 180 \text{ мл}.$$

При удельной плотности препарата  $\rho = 1,17 \text{ г/см}^3$  масса ферментного препарата составит

$$180 \text{ см}^3 \cdot 1,17 \text{ г/см}^3 = 210,6 \text{ г} = 0,21 \text{ кг.}$$

Препарат предварительно разводят водой до объёма

$$0,186 \cdot 10 = 1,86 \text{ л.}$$

Доза внесения ферментного препарата *Дистицим АГ* для осахаривания гидролизата (см. табл. 1.5) составляет 6,5 ед. ГлС на 1 г крахмала, для осахаривания 1499 кг количество единиц активности ферментного препарата *Дистицим АГ* в сутки составит

$$\frac{1499 \cdot 10^3 \cdot 6,5}{1} = 9743,5 \cdot 10^3 \text{ ед.ГлС.}$$

В 1 мл ферментного препарата *Дистицим АГ* содержится 6500 ед.ГлС. Для внесения  $9743,5 \cdot 10^3$  ед.ГлС необходимо

$$\frac{9743,5 \cdot 10^3 \cdot 1}{6500} = 1499 \text{ мл.}$$

При удельной плотности препарата  $\rho = 1,14 \text{ г/см}^3$  масса ферментного препарата составит

$$1499 \text{ см}^3 \cdot 1,14 \text{ г/см}^3 = 1698 \text{ г} = 1,7 \text{ кг.}$$

Препарат предварительно разводят водой до объёма

$$1,5 \cdot 10 = 15,0 \text{ л.}$$

Всего в осахариватель поступит разваренной массы и ферментных препаратов

$$10294,56 + 0,21 + 1,7 = 10296,47 \text{ кг.}$$

**Определение концентрации сусла в осахаривателе.** Количество крахмала в продуктовый сборник вводится (без учета отбора сусла на дрожжи) с разваренной массой (с учетом потерь при разваривании 1,5 % введенного крахмала)

$$1499 - 1499 \cdot 0,015 = 1499 - 22,48 = 1476,52 \text{ кг.}$$

Общие потери с нерастворенным крахмалом составляют 1,0 % от введенного. Следовательно, количество нерастворенного крахмала составит

$$1476,52 \cdot 0,01 = 14,76 \text{ кг.}$$

Количество крахмала, находящегося в растворенном состоянии,

$$1476,52 - 14,76 = 1461,76 \text{ кг.}$$

Содержание глюкозы и декстринов в фильтрате сусла принимаем в отношении 1:1, тогда количество глюкозы составит

$$Г = 1461,76 \cdot 0,5 \cdot 1,111 = 812 \text{ кг,}$$

где 1,111 – коэффициент, учитывающий образование глюкозы из крахмала\* декстринов;

$$Д = 1476,52 \cdot 0,5 = 738 \text{ кг;}$$

$$Г + Д = 812 + 738 = 1550 \text{ кг.}$$

В сусле содержится несбраживаемых веществ

$$2465 - 1461,76 = 1003,24 \text{ кг.}$$

Принимаем, что 50 % общего количества несбраживаемых веществ переходит в растворимое состояние при разваривании и осахаривании. Тогда количество растворимых несбраживаемых веществ в фильтрате составит

$$1003,24 \cdot 0,5 = 501,62 \text{ кг.}$$

Общая масса несбраживаемых веществ в дробине сусла (с учетом несбраживаемых веществ, получаемых при разваривании) составляет

$$501,62 + 14,76 = 516,38 \text{ кг.}$$

Общая масса сухих веществ в сусле:  
в фильтрате

$$812 + 501,62 = 1313,62 \text{ кг;}$$

в дробине 516,38 кг.

Всего в нефильтрованном сусле содержится сухих веществ

$$1313,52 + 516,38 = 1830 \text{ кг}$$

или

$$\frac{1830 \cdot 100}{10296,47} = 17,7 \text{ \%}.$$

Из этого количества сбраживаемые вещества составляют 1461,76 кг. Несбраживаемые вещества составляют  $501,62 + 516,38 = 1017,99$  кг.

Общее содержание воды в сусле из осаживателя (при условии, что в сусле 20,92 % сухих веществ) составляет

$$\frac{1830 \cdot 100}{17,7} - 1830 = 8508,98 \text{ кг.}$$

На перевод крахмала в глюкозу тратится

$$812 - (1461,76 \cdot 0,5) = 81,12 \text{ кг воды.}$$

Следовательно, количество свободной воды в нефильтрованном сусле в осаживателе составляет

$$8508,98 - 81,12 = 6836,58 \text{ кг.}$$

Масса фильтрата сусла составляет

$$6836,58 + 1313,32 = 8427,86 \text{ кг.}$$

Концентрация сухих веществ (в процентах по сахарометру) в фильтрате сусла составит

$$\frac{1313,32 \cdot 100}{8427,86} = 15,53 \text{ \%}.$$

**Вакуум-охлаждение сусла до температуры складки.** На приготовление сусла для дрожжей из осахаривателя отбирается 5 % сусла:

$$10296,47 \cdot 0,05 = 515 \text{ кг.}$$

Количество сусла, подаваемого на охлаждение под вакуумом до температуры складки, составит

$$10296,47 - 515 = 9781,47 \text{ кг.}$$

Количество вторичного пара, выделяющегося в испарительной камере II ступени при охлаждении сусла от температуры 58 до 22 °С, составит

$$\frac{9781,47 \cdot 3,53(58 - 22)}{2467,2 - 3,53 \cdot 22} = 520,2 \text{ кг}$$

где 3,53 – теплоемкость сусла, кДж/(кг·К); 58 и 22 – начальная и конечная температура сусла в испарительной камере, °С; 2467,2 – теплота парообразования при 22 °С, кДж/кг.

Объем вторичного пара, выделившегося в испарительной камере II ступени, составит

$$520,2 \cdot 51,7 = 26894,13 \text{ м}^3,$$

где 51,7 – объем 1 кг пара при 22 °С, м<sup>3</sup>.

Расход воды на конденсацию выделившегося в испарителе II ступени пара составит

$$520,2 (2549,3 - 4,2 \cdot 25) / (4,2 \cdot 25 - 10) = 13384,47 \text{ кг,}$$

где 2549,3 – теплосодержание пара при 22 °С, кДж/кг; 25 и 10 – температура уходящей и поступающей в конденсатор воды, °С.

Количество суслу, выходящего из барометрического конденсатора, составит

$$9781,47 - 520,2 = 9261,27 \text{ кг.}$$

Концентрация сухих веществ в фильтрате суслу, охлажденного до температуры складки, составит

$$\frac{0,889 \cdot 1313,62 \cdot 100}{(0,889 \cdot 7492,37) - 520,2} = 16,7 \%,$$

где 0,889 – коэффициент, учитывающий отбор части сухих веществ в фильтрате суслу с дрожжевым суслу; 7492,37 – количество фильтрата суслу без учета отбора его на дрожжи, кг; 520,2 – количество вторичного пара, выделившегося в вакуум-испарителе второй ступени, кг.

**Расчет расхода серной кислоты.** Для подкисления суслу, поступающего на приготовление дрожжей, серную кислоту задают по расчету, вычисляя ее необходимое количество в зависимости от исходной кислотности суслу и кислотности, которую хотят получить, по формуле

$$K = \frac{(a - b) \cdot V \cdot 0,00245}{c},$$

где  $K$  – количество кислоты для подкисления, л;  $a$  и  $b$  – соответственно начальная и конечная кислотность суслу, град;  $V$  – объем подкисляемого суслу, л; 0,00245 – коэффициент для перевода градусов кислотности в килограммы серной кислоты;  $c$  – концентрация серной кислоты, расходуемой на подкисление, кг/л.

Масса осахаренного суслу, отобранного для приготовления дрожжей, равна 516 кг; при плотности суслу 1,023 объем суслу составит

$$\frac{516,0}{1,023} = 504,4 \text{ л.}$$

Начальная кислотность сусла равна 0,2°; подкислить сусло необходимо до 0,8°. Для подкисления используется серная кислота относительной плотностью 1,6, что соответствует содержанию 1,103 кг H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в 1 л:

$$K = \frac{(0,8 - 0,2) \cdot 504,4 \cdot 0,00245}{1,103} = 0,67 \text{ л.}$$

**Сбраживание сусла периодическим способом.** В бродильное отделение поступают сусло из продуктового сборника в количестве 9279,54 кг и зрелые дрожжи в количестве 515 кг.

Всего в бродильное отделение поступит сусла и зрелых дрожжей с промывными водами

$$9279,54 + 515 + 9279,54 \cdot 0,005 + 515 \cdot 0,025 = 9853,76 \text{ кг,}$$

где 0,005 и 0,025 – количество промывных вод для сусла и для дрожжей, доли единицы (или 0,5 % – количество промывных вод для сусла; 2,5 % – количество промывных вод для дрожжей).

При брожении сусла выделяется диоксида углерода

$$789,27 \cdot 0,955 = 753,75 \text{ кг/100 дал,}$$

где 789,27 – масса 100 дал безводного спирта, кг; 0,955 – выход диоксида углерода по отношению к безводному спирту, кг/кг.

Масса зрелой бражки составит

$$9853,76 - 753,75 = 9100 \text{ кг.}$$

С учетом поступления водно-спиртовой жидкости из спиртоволушки количество зрелой бражки составит

$$9100 + \frac{9100 + 9100 \cdot 2,5}{100} = 9418,5 \text{ кг,}$$

где 2,5 – количество водно-спиртовой жидкости, % по объему бражки.

Объем зрелой бражки при плотности 1,00993 составит

$$\frac{9100}{1,00993} = 9010,5 \text{ л.}$$

Принимаем, что потери спирта при перегонке составляют 0,2 %. С учетом этого на перегонку должно поступить 100,2 дал, или  $100,2 \cdot 7,8927 = 790,8$  кг безводного спирта. Крепость спирта в зрелой бражке при этом составит: всего спирта в бражке с учетом потерь будет

$$100,2 \text{ дал или } 100,2 \cdot 7,8927 = 790,2 \text{ кг.}$$

Содержание спирта в зрелой бражке составит

$$\frac{100,2 \cdot 100 \cdot 10}{9010,5} = 11,12 \text{ \% мас.}$$

Всего в брагоректификационное отделение поступит бражки с учетом разбавления ее водой при ополаскивании освободившихся чанов

$$9100 + 9100 \cdot 0,05 = 9555 \text{ кг или } 9010,5 + 9010,5 \cdot 0,05 = 9460,53 \text{ л,}$$

где 0,5 – количество промывных вод при ополаскивании, % объему бражки. Результаты проведенного расчета сводятся в табл. 1.8.

Таблица 1.8

### Продуктовый расчет спиртового производства

Поступление	Выход	Количество продуктов по расчету		
		На 100 дал	На 1000 дал	На часовую производительность завода
Товарное зерно, поступающее на завод, кг		3103,39	31033,9	1349,3

Продолжение табл. 1.8

Поступление	Выход	Количество продуктов по расчету		
		На 100 дал	На 1000 дал	На часовую производи- тельность завода
Зерно, поступающее на хранение в элеватор, кг		3041,32	30413,2	102,7
Зерно, поступающее на очистку, кг		3011,82	30118,2	1309,49
Очищенное зерно, поступающее на измельчение, кг		2891,3	28913	1257,0
На замес в смеситель: пшеница теплая вода ферментные препараты: <i>Дистицим БА-Т</i> <i>Дистицим GL</i>		2882,69 7206,73 0,58 0,20	28826,9 72067,3 5,8 2,0	1253,34 3133,36 0,252 0,087
	Замес	10089,04	100890,4	4386,53
Замес на подогрев до 70°C Пар		10089,04 337,5	100890,4 3375	4386,53 146,74
	Подваренный замес	10426,54	104265,4	4533,28
Замес на подогрев до 90°C Пар		10426,54 348,82	104265,4 3488,2	4533,28 151,66
	Разваренный замес	10775,36	107753,6	4684,94
Разваренная масса в вакуум-испаритель первой ступени		10775,36	107753,6	46858,85
	Вторичный пар, выделяющий- ся в вакуум- испарителе	480,8	4808	2,12

Продолжение табл. 1.8

Поступление	Выход	Количество продуктов по расчету		
		На 100 дал	На 1000 дал	На часовую производи- тельность завода
Вода в барометрический конденсатор	Разваренная масса из вакуум- испарителя первой ступени в осахариватель	13266,69	132666,9	5768,13
		10294,56	102945,6	4475,90
В осахариватель: разваренная масса ферментные препараты: <i>Дистицим АГ</i> <i>Дистицим</i> <i>Протацид</i> <i>Экстра</i>	Сусло из осахаривателя	10294,56	102945,6	4475,90
		1,7	17	0,739
		0,21	2,1	0,09
		10296,47	102964,7	4476,73
Осахаренное сусло на приготовление дрожжевого сусла, л <i>Дистициа АГ</i>	Дрожжевое сусло	515		
		1		
		516		
Осахаренное сусло в вакуум-испаритель второй ступени  Вода в барометрический конденсатор	Вторичный пар, выделяющий- ся в вакуум- испарителе  Охлажденная масса на брожение	9781,47	97814,7	4252,8
		520,2	5202	226,17
		13384,47	133844,7	5819,33
		9261,27	92612,7	4026,64

Поступление	Выход	Количество продуктов по расчету		
		На 100 дал	На 1000 дал	На часовую производительность завода
В бродильную батарею: сусло (с учетом промывных вод) дрожжи (с учетом промывных вод)	Сбраживаемая масса Зрелая бражка (с учетом водно-спиртовой жидкости со спиртовой ловушкой) Спирт безводный в зрелой бражке Диоксид углерода (теоретический)	9325,94	93259,4	40576,50
		527,88	5278,8	229,51
		9853,82	98538,2	4284,27
		9418,5	94185	2790,65
		790,8	7908	343,83
		753,53	7535,3	319,7
Бражка в брагоректификационное отделение (с учетом разбавления ее водой, оставшейся после мойки чанов)		9555 (9460,53 л)	95550 (94605,3 л)	4154,34 (4113,27 л)

### 1.2.2. Расчет продуктов брагоректификации

#### Исходные данные

Расчет продуктов выполнен с отнесением всех потоков к 100 дал условного спирта-сырца при выработке на установке ректи-

фикованного спирта высшей очистки и обогриве бражной, эспюрационной, ректификационной и сивушной колонн острым паром через барботеры. Колонна окончательной очистки работает в режиме эспюрации спирта.

Для расчета принимаем бражку с содержанием в ней спирта 8,5 % об. (6,8 % по массе). Начальная температура бражки 28 °С. Температуру бражки на входе в бражную колонну принимаем равной 75 °С.

Концентрация сухих веществ в зрелой бражке составляет 10 % по массе. Концентрацию сухих веществ в барде принимаем равной 8 % по массе.

Теплоемкость бражки  $C_m$  и барды  $C_b$ , вычисленная по уравнениям Г.М. Знаменского, составляет:

$$C_m = (1,02 - 0,0095 \cdot 10) 4,187 = 3,85 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)};$$

$$C_b = (1,02 - 0,0038 \cdot 8) 4,187 = 4,06 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}.$$

Давление греющего пара на коллекторе принимаем равным 0,3 МПа. Состав и выход полупродуктов и продуктов ректификации, принятые для расчета, приведены в табл. 1.9.

Таблица 1.9

**Состав и выход полупродуктов и продуктов ректификации**

Продукты и полупродукты ректификации спирта	Крепость		Температура кипения, °С	Теплоемкость, кДж/(кг·К)	Количество безводного спирта б/с			Общее количество, кг на 100 дал условного спирта-сырца
	% по объему	% по массе			% общего количества б/с	л б/с на 100 дал условного спирта-сырца	кг б/с на 100 дал условного спирта-сырца	
Спирт ректифицированный высшей очистки	96,2	94,15	78,2	3,44	96,4	964	761,1	808,4
Головная фракция	95,0	92,41	78,3	3,35	2,5	25	19,7	21,3
Сивушное масло	88,0	83,11	81,9	3,52	0,3	3	2,3	2,7

Продукты и полупродукты ректификации спирта	Крепость		Температура кипения, °С	Теплоемкость, кДж/(кг·К)	Количество безводного спирта б/с			Общее количество, кг на 100 дал условного спирта-сырца
	% по объему	% по массе			% общего количества б/с	л б/с на 100 дал условного спирта-сырца	кг б/с на 100 дал условного спирта-сырца	
Потери	–	–	–	–	0,8	8	6,2	6,2
Всего	–	–	–	–	100	1000	789,3	838,6
Непастеризованный спирт:								
из ректификационной колонны	96,2	94,72	78,2	2,60	1,5	15	11,8	12,2
из колонны окончательной очистки	96,2	94,72	78,2	2,60	1,5	15	11,8	12,2
Сивушный спирт	82,0	75,81	79,1	4,11	1,5	15	11,8	14,4
Погон паров сивушного масла	50,0	42,43	–	–	3,0	30	23,6	55,6
Головной погон, отбираемый из делителя потока флегмы и конденсатора сивушной колонны	95,0	92,41	78,3	2,81	–	42	33,1	34,8

### Продуктовый расчет

**Бражная колонна** (табл. 1.10). Количество безводного спирта в бражке

$$100 \cdot 10 \cdot 0,78927 = 789,3 \text{ кг.}$$

Масса бражки по спирту

$$\frac{789,3 \cdot 100}{6,8} = 11606,9 \text{ кг.}$$

Масса бражки с учетом содержания в ней сухих веществ

$$11606,9 \cdot 1,1 = 12767,6 \text{ кг.}$$

Температура кипения бражки при содержании в ней спирта 6,8 % по массе равна 93,4 °С. Для доведения 100 кг бражки до кипения потребуется тепла

$$100 (93,4 - 75)3,85 = 7094 \text{ кДж,}$$

где 3,85 – теплоемкость бражки, кДж/(кг · К).

Согласно диаграмме Е.Ф. Четверикова, данной величине нагрева бражки соответствует концентрация спирта на тарелке питания, равная 8,3 % по массе (прил. 3). При крепости бражки на тарелке питания 8,3 % по массе содержание спирта в паровом потоке, поступающем в подогреватель бражки, составляет 48,3 % мас.

Принимаем, что бражная колонна работает с коэффициентом избытка пара, равным 1,1. Количество спиртово-водных паров, поступающих в подогреватель бражки, составляет

$$\frac{789,3 \cdot 100}{48,3 \cdot 1,1} = 1797,6 \text{ кг.}$$

Физическая концентрация спирта в водно-спиртовых парах

$$\frac{48,3}{1,1} = 43,9 \text{ % мас.}$$

Примем, что потери спирта в бражной колонне составляют 0,5 %. Тогда количество бражного дистиллята составит

$$1787,6 - \frac{789,3 \cdot 0,5}{100} = 1793,6 \text{ кг % мас.}$$

Таблица 1.10

## Материальный баланс бражной колонны

Продукт	Количество, кг	В том числе	
		спирта	воды
<i>Приход</i>			
Бражка	21767,6	789,3	11978,3
Греющий пар	$P_1$	–	$P_1$
<i>Расход</i>			
Бражный дистилят	1793,6	785,3	11978,3
Барда (за вычетом конденсата пара)	10970,0	–	10970,0
Конденсат пара	$P_1$	–	$P_1$
Потери	4,0	4,0	–
ИТОГО	$127676 + P_1$	789,3	$11978,3 + P_1$

**Эпюрационная колонна** (табл. 1.11). Расход пара на эпюрацию спирта принимаем равным 10 кг/дал. В колонну поступают бражный дистилят в количестве 1793,6 кг, непастеризованный спирт из ректификационной колонны (12,2 кг, в том числе 11,8 кг б/с) и из колонны окончательной очистки (12,2 кг, в том числе 11,8 кг б/с), головной погон из сивушной колонны (34,8 кг, в том числе 33,1 кг б/с).

Количество безводного спирта, поступающего в колонну, составляет

$$785,3 + 11,8 + 11,8 + 33,1 = 842,0 \text{ кг,}$$

или

$$\frac{842,0}{0,78927} = 1067 \text{ л (106,7 дал) \%}$$

Расход пара в колонне  $106,7 \cdot 10 = 1067 \text{ кг.}$

Из колонны отбирается головная фракция в количестве 21,3 кг. Количество эпюрата составляет

$$1793,5 + 12,2 + 12,2 + 34,8 + 1067 - 21,3 = 2898,5 \text{ кг.}$$

Количество спирта, перешедшего с эпюратом в ректификационную колонну,

$$842,0 - 19,7 = 822,3 \text{ кг.}$$

Крепость эпюрата

$$\frac{822,3}{2898,5} 100 = 28,4 \% \text{ мас. (34,4 \% об.).}$$

Таблица 1.11

**Материальный баланс эпюрационной колонны**

Продукт	Количество, кг	В том числе	
		спирта	воды
<i>Приход</i>			
Бражный дистиллят	1793,6	785,3	1008,3
Непастеризованный спирт	24,4	23,6	0,8
Погон из сивушной колонны	34,8	33,1	1,7
Греющий пар	1067,0	–	1067,0
<i>Расход</i>			
Головная фракция	21,3	19,7	1,6
Эпюрат	2898,5	822,3	2076,2
<b>ИТОГО</b>	<b>2919,8</b>	<b>842,0</b>	<b>2077,8</b>

**Ректификационная колонна** (табл. 1.12). В колонну поступает эпюрат в количестве 2898,5 кг, греющий пар.

Из колонны отбирают спирт ректифицированный в смеси с головным дистиллятом, отбираемым из колонны окончательной очистки (808,4 + 12,2 кг на 100 дал условного спирта-сырца), непастери-

зованный спирт (12,2 кг), сивушный спирт (14,4 кг), дистиллят паров сивушного масла (55,6 кг). Потери спирта в ректификационной колонне составляют 03 % или  $(6,2 - 4,0) = 2,2$  кг.

Количество лютерной воды (без конденсата пара)

$$2898,5 - (820,6 + 12,2 + 14,4 + 55,6 + 2,2) = 1993,5 \text{ кг.}$$

Таблица 1.12

**Материальный баланс ректификационной колонны**

Продукт	Количество, кг	В том числе	
		спирта	воды
<i>Приход</i>			
Эпюрат	2898,5	822,3	2076,2
Греющий пар	P <sub>2</sub>	–	P <sub>2</sub>
<i>Расход</i>			
Спирт ректифицированный	820,6	772,9	47,7
Непастеризованный спирт	12,2	11,8	0,4
Сивушный спирт	14,4	11,8	2,6
Погон паров сивушного масла	55,6	23,6	32,0
Лютерная вода (без конденсата пара)	1993,5	–	1993,5
Конденсат пара	P <sub>2</sub>	–	P <sub>2</sub>
Потери	2,2	2,2	–
ИТОГО	2898,5 + P <sub>2</sub>	822,3	2076,2 + P <sub>2</sub>

**Колонна окончательной очистки** (табл. 1.13). В колонну поступает ректифицированный спирт в количестве 820,6 кг. Из колонны отбираются ректифицированный спирт высшей очистки (808,4 кг) и непастеризованный спирт (12,2 кг).

**Сивушная колонна** (табл. 1.14). В колонну поступают сивушный спирт (14,4 кг), погон конденсата паров сивушного масла (55,6 кг), греющий пар, лютерная вода для внутри колонной обработки сивушного масла.

Таблица 1.13

**Материальный баланс колонны окончательной очистки**

Продукт	Количество, кг	В том числе	
		спирта	воды
<i>Приход</i>			
Спирт ректификованный	820,6	772,9	P <sub>3</sub>
<i>Расход</i>			
Спирт ректификованный высшей очистки	808,4	761,1	47,3
Непастеризованный спирт	12,2	11,8	0,4
ИТОГО	820,6	772,9	47,7

Из колонны отводится головной погон, отбираемый из делителя потока флегмы и конденсатора сивушной колонны (34,8 кг), сивушное масло (2,7 кг) и лютерная вода.

Количество лютерной воды, направляемой в колонну, принимаем равным двойному количеству введенного в колонну алкоголя, т. е.  $(11,8 + 23,6) \cdot 2 = 70,8$  кг.

На выходе из колонны получается  $(14,4 + 55,6 + 70,8) - (34,8 + 2,7) = 103,3$  кг лютерной воды ( без учета конденсата пара).

Таблица 1.14

**Материальный баланс сивушной колонны**

Продукт	Количество, кг	В том числе	
		спирта	воды
<i>Приход</i>			
Сивушный спирт	14,4	11,8	2,6
Погон конденсата паров сивушного масла	55,6	23,6	32,0
Лютерная вода	70,8	–	70,8
Греющий пар	P <sub>3</sub>	–	P <sub>3</sub>

Продукт	Количество, кг	В том числе	
		спирта	воды
<i>Расход</i>			
Сивушное масло	2,7	2,3	0,4
Головной погон из делителя потока флегмы и конденсатора сивушной колонны	34,8	33,1	1,7
Лютерная вода (без конденсата пара)	103,3	–	103,3
Конденсат пара	P <sub>3</sub>	–	P <sub>3</sub>
<b>ИТОГО</b>	<b>140,8 + P<sub>3</sub></b>	<b>35,4</b>	<b>105,4 + P<sub>3</sub></b>

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОНЬЯКА

Коньяк (фр. *cognac*) – крепкий алкогольный напиток, производимый из определённых сортов винограда по особой технологии. Своё название напиток получил по имени города Коньяк (фр. *Cognac*), региона Пуату-Шаранта, департамента Шаранта, Франция. С окрестностями и самим городом Коньяк и связано появление этого алкогольного напитка.

Географические границы местности, в которой допускается производство коньяка, технология производства и само название «Коньяк» строго определены, регламентированы и закреплены многочисленными законодательными актами. Коньяк является исконно французским продуктом.

Крепкие напитки других стран, а также напитки, произведённые во Франции вне региона Шаранта, даже если они получены дистилляцией виноградных вин, произведённых в регионе Пуату-Шаранта, не имеют права именоваться коньяком на международном рынке, такие напитки принято называть бренди.

Российским коньяком, согласно ГОСТ Р 51618–2009 «Российский коньяк. Общие технические условия», называется винодельческий продукт с объёмной долей этилового спирта не менее 40,0 % об., изготовленный из коньячных дистиллятов, полученных фракционированной дистилляцией столового виноматериала, произведённого из

винограда вида *Vitisvinifera*, и выдержанных в контакте с древесиной дуба не менее 3 лет.

## **2.1. Технологическая схема производства коньячных виноматериалов**

Коньячные виноматериалы вырабатывают (рис. 2.1, 2.2) по специальной технологии из свежего винограда ручной уборки по ГОСТ 24433–80 или машинной уборки по ОСТ 10-66–87 ампелографических сортов, относящихся к европейско-азиатскому виду *Витис-винифера*.

Коньячные виноматериалы должны быть приготовлены по действующей технологической инструкции по «белому» способу из белых, розовых или красных сортов винограда. Виноград перерабатывается по правилам, принятым для столовых белых вин, но без применения сернистого ангидрида.

**Сбор винограда.** Лаборатория завода первичного виноделия за 3–4 недели до предполагаемого сбора урожая устанавливает наблюдение за ходом созревания винограда. Сбор винограда ампелографических сортов для переработки на виноматериалы проводят при достижении ими технологической зрелости, т. е. по достижении кондиции по содержанию сахара и кислот, предусмотренных технологическими инструкциями по производству соответствующих виноматериалов. В процессе сбора винограда его подвергают сортировке с отделением гнилых, засохших, недозревших гроздей и ягод.

**Транспортировка винограда.** Виноград доставляют с виноградников на заводы переработки транспортными средствами в корзинах, ящиках или специальных контейнерах из некоррозирующих материалов или имеющих коррозиестойчивое покрытие. Условия и средства транспортировки должны обеспечивать целостность виноградных ягод. При перевозке виноград должен быть защищен от загрязнения и попадания влаги. Приемку винограда и установление его качества проводят по ГОСТ 24433–80 «Виноград свежий ручной уборки для промышленной переработки на виноматериалы. Технические условия». Время сбора винограда до переработки не должно превышать 4 ч.

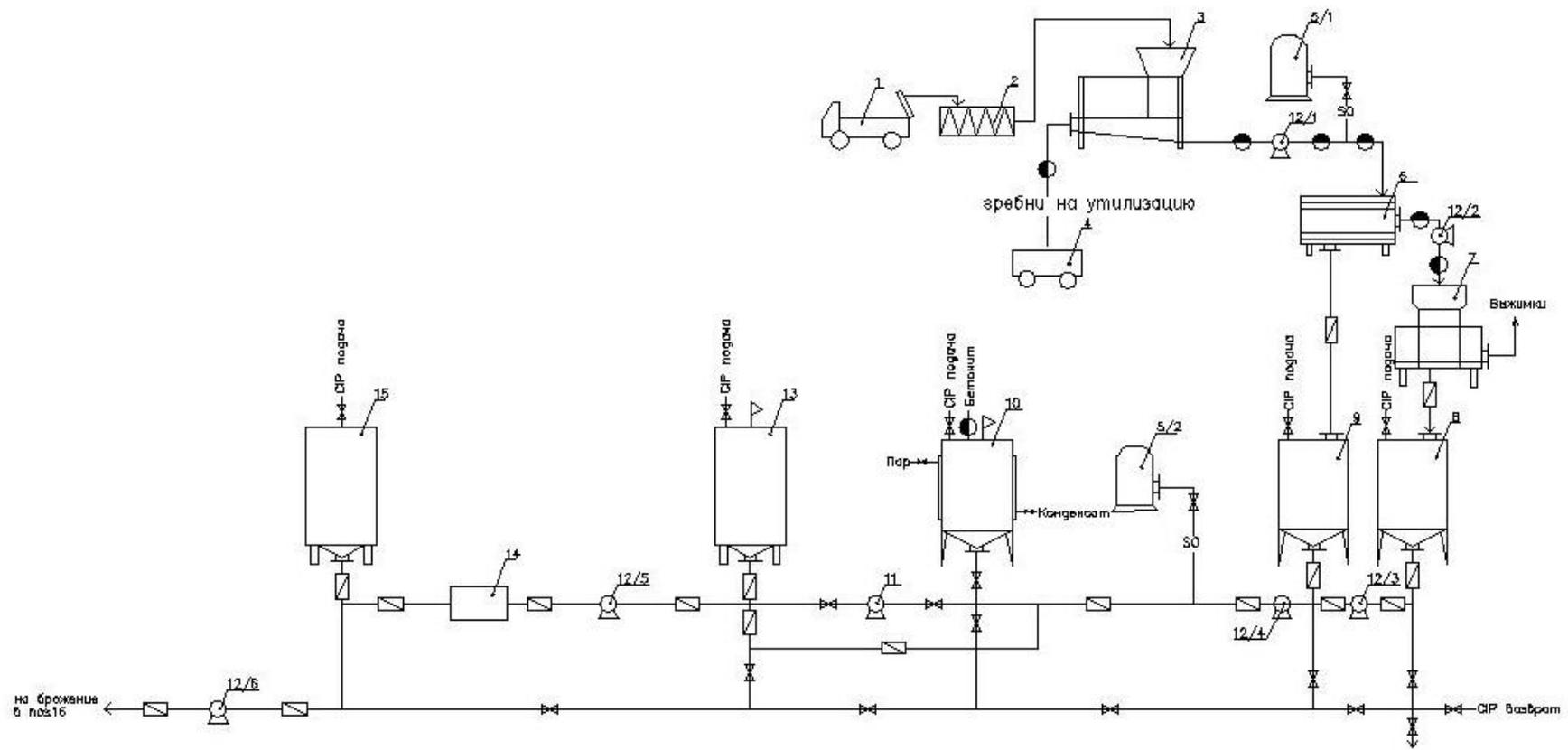


Рис. 2.1:

- 1 – контейнер для доставки винограда; 2 – бункер-питатель; 3 – волковая дробилка-гребнеотделитель;  
 4 – сборник для гребней; 5 – сульфидозатор; 6 – стекатель; 7 – дожимочный пресс; 8 – емкость для приема  
 отпрессованного сусле; 9 – емкость для приема сусле-самотека; 10 – дозатор бентонита; 11 – насос подачи бентонита;  
 12 – насосы; 13 – емкость для оклейки; 14 – фильтр; 15 – емкость для хранения

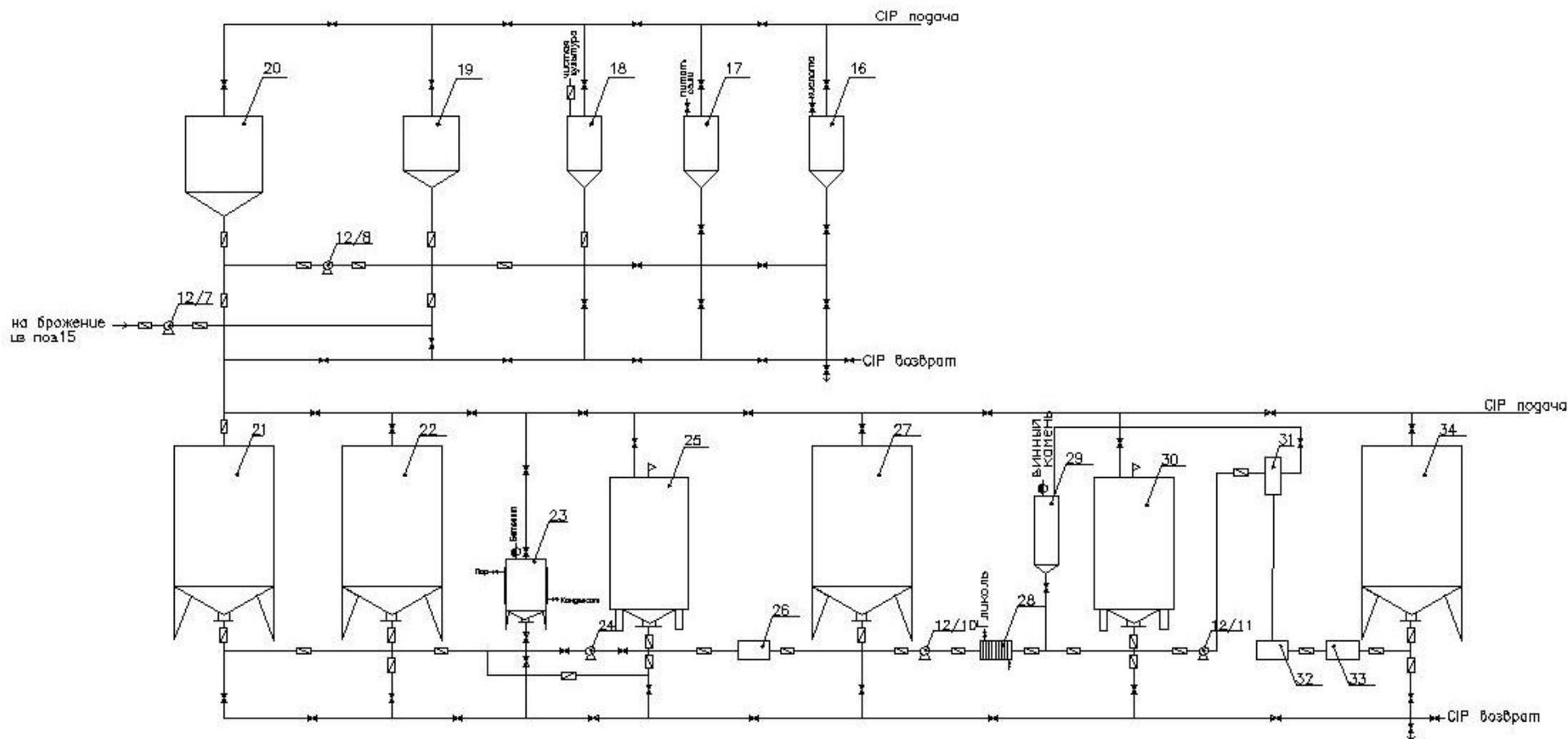


Рис. 2.2:

6 – сборник серной кислоты; 17 – сборник питательных солей; 18 – маточник; 19 – дрожжанка;  
 20 – возбравитель; 21 – бродильный чан; 22, 27, 34 – емкости для хранения; 23 – емкость для бентонита;  
 24 – насос для бентонита; 25 – емкость для оклейки; 26 – фильтр; 28 – теплообменник; 29 – емкость для винного  
 камня; 30 – емкость для обработки холодом; 31 – гидроциклон; 32 – сепаратор; 33 – фильтр

**Приемка винограда.** При поступлении винограда на завод осуществляется взвешивание винограда на автомобильных весах. Проводится отбор средней пробы для определения содержания сахара, титруемой кислотности, остаточного количества пестицидов, применяемых на винограднике. Далее проводится разгрузка винограда в приемный бункер.

**Измельчение винограда.** Виноград перерабатывают с дроблением ягод и отделением гребней на специальных машинах – дробилках-гребнеотделителях двух типов – валковых и ударно-центробежных. При производстве коньячных виноматериалов используется дробилка-гребнеотделитель валкового типа

**Получение сусла-самотека.** Полученную мезгу направляют в стекатели для отделения сусла-самотека.

**Прессование мезги.** Для отделения сусла, остающегося в мезге, применяют прессование. При прессовании сусло проходит через поры мезги, преодолевая их сопротивление, а твердая масса уплотняется.

Прессование мезги проводится на шнековых прессах непрерывного действия, в которых сжатие происходит в клиновом зазоре между двумя эластичными перфорированными бесконечными лентами при их вращении на барабанах.

**Осветление сусла.** Сусло при осветлении не сульфитируют. При перегонке вина с содержанием  $SO_2$  образуются тиоэфиры, обладающие неприятным и неустраняемым запахом. Также в результате окисления диоксида серы в кубе появляется серная кислота, вызывающая коррозию куба.

Осветление сусла может осуществляться одним из методов:

– отстаиванием в течение 8–12 ч при температуре окружающей среды или в течение 14–24 ч при температуре 8–10 °С в резервуарах с устройством для регулирования температуры;

– отстаиванием в потоке;

– центрифугированием;

– фильтрованием;

– флотацией.

Для лучшего осветления отстаиванием в сусло рекомендуется вводить суспензию бентонита и желатина. Доза устанавливается лабораторией, но не должна превышать 3 г/дм<sup>3</sup>. Осветленное сусло направляют на брожение.

**Приготовление дрожжей.** Приготовление разводки дрожжей чистой культуры. Брожение сусла и мезги с использованием дрожжей чистой культуры имеет ряд преимуществ перед брожением на спонтанной микрофлоре.

Дрожжи разных родов и видов размножаются с различной скоростью, имеют разную бродильную активность, спорообразующую способность, устойчивость к низкой или повышенной температуре. Если сусло сбраживается спонтанно на диких дрожжах, то получаются виноматериалы с небольшим содержанием спирта, повышенным содержанием летучих кислот и другими недостатками. Для исключения этих нежелательных явлений брожение проводят на чистых культурах винных дрожжей.

Для производства коньячных виноматериалов используется Ленинградская раса дрожжей спиртовыносливая, кислотовыносливая; дают плотную структуру осадка.

Разводку подготавливают методом последовательного накопления биомассы дрожжей путем последовательных пересевов в резервуары с большим объемом питательной среды. В качестве питательной среды для всех генераций используют свежееотжатое сусло.

Подготовку разводки начинают в лаборатории. Сусло для лабораторных генераций стерилизуют. Накопление биомассы начинают с посева дрожжевых клеток с твердой питательной среды в пробирку с 10 см<sup>3</sup> стерильного сусли. В период бурного брожения содержимое пробирки после тщательного перемешивания переносят в колбу вместимостью 250 см<sup>3</sup> со 100 см<sup>3</sup> стерильной питательной среды, затем аналогично в литровые колбы с 500 см<sup>3</sup> подготовленной среды, а из них в трехлитровые с 1700 см<sup>3</sup> стерильного сусли.

Далее разводку на стадии бурного брожения переносят в дрожжевой аппарат, оборудованный перемешивающими и аэрирующими устройствами, а также системой регулирования температуры культуральной жидкости. Пятую генерацию дрожжей используют для приготовления производственной разводки, которую готовят в зависимости от производительности завода в дрожжевых аппаратах или резервуарах большой вместимости. Для производственной разводки используется пастеризованное виноградное сусло (нагревание до 80–90 °С, выдержка при этой температуре в течение 20 мин). Перед внесением лабораторией дрожжевой разводки в сусло вводят

диоксид серы из расчета 30–50 мг/дм<sup>3</sup>. Температура брожения сусла в период всех генераций должна быть 18–20 °С.

**Брожение сусла.** При брожении виноградного сусла обеспечиваются благоприятные гидродинамические условия для распределения активных дрожжевых клеток в бродящей среде, а также для массо- и теплообмена.

В производстве коньячных виноматериалов для улучшения качества и обогащения различными соединениями – терпеновыми веществами, летучими фенолами, лактонами их готовят с выдержкой на дрожжах. Для брожения используются сусло-самотек и прессовые фракции. Сусло перед брожением не сульфитируется. Также запрещено использовать диоксид серы при отстаивании сусла и хранении виноматериалов, связано это с тем, что при перегонке в вине, содержащем SO<sub>2</sub>, образуются тиоэфиры, обладающие резким неприятным и практически неустраняемым запахом. Полностью избавиться от SO<sub>2</sub> невозможно, поскольку его образование дрожжами происходит в процессе сбраживания сусла. Поэтому в коньячном производстве необходим подбор рас дрожжей, образующих минимальное количества диоксида серы.

Брожение протекает при температуре 18–22 градусов в течение 15–20 дней, после брожения получается виноматериал, в котором содержится спирт в пределах 9–12 % об.

**Дображивание** и осветление виноматериалов. Для коньячных виноматериалов установлены определенные требования. Так, содержание спирта должно быть не менее 8 % об.; титруемая кислотность – не менее 4,5 г/л; содержание летучих кислот – не более 1,2 г/л; содержание общей сернистой кислоты – не более 15 мг/л; допустимое содержание дрожжей – до 2 %.

## **2.2. Расчет продуктов при производстве коньячных виноматериалов**

### **Исходные данные**

Продуктовый расчет проводится на 1000 кг перерабатываемого винограда. Исходные данные для продуктового расчета приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

**Исходные данные для продуктового расчета**

Показатели	Единица измерения	Сорт винограда Бианка
Состав сырья по сортам	%	100
Сахаристость (средняя)	г на 100 мл	24
Содержание гребней	% мас.	4,8
Унос сусла гребнями при дроблении	% мас. от гребней	17,3
Выход неосветленного сусла (общий)	дал/т	75
В том числе:		
сусла-самотека		56,5
сусла низкого давления		8
сусла высокого давления		10,5
Содержание взвесей в сусле-самотеке и сусле низкого давления	г/л	60
Отходы и потери при выработке виноматериала, % к объему осветленного сусла	%	6,0 (из них 2,5 – дрожжевые осадки; 3,0 – при брожении; 0,5 – при перекачке)

**Продуктовый расчет**

Потери винограда при приемке, разгрузке, подаче на дробление – 0,6 %:

$$n = 1000 \cdot 0,006 = 6 \text{ кг.}$$

Количество винограда, пошедшего на дробление:

$$m_{в./др.} = m_{в.общ.} - n_{в.} = 1000 - 6 = 994 \text{ кг.}$$

Количество гребней, удаленных при дроблении:

$$m_2 = m_{в./др.} \cdot C_2 (100 + n_{ун\ сус}) / 100;$$

$$m_2 = 994 \cdot 0,048 \cdot (100 + 17,3) / 100 = 55,96 \text{ кг.}$$

Количество жирной мезги, полученной из винограда при дроблении:

$$m_{м/др} = m_{в/др} - m_2 = 994 - 55,96 = 938,04 \text{ кг.}$$

Потери сусла (мутного) в стекателях, прессах, суслосборниках и при перекачивании на осветление – 0,5 %:

$$n_c = m_{в.общ.} \cdot 0,005 = 1000 \cdot 0,005 = 5 \text{ кг.}$$

Количество отходящих сладких выжимок

$$m_{сл.выж.} = m_{м общ.} - n_c - m_{неос.с.} \cdot p_{сус.} = 938,04 - 5 - 750 \cdot 1,0924 = 199,95 \text{ кг,}$$

где  $p = 1,0924$  – плотность сусла сахаристостью 24 %.

Количество отходящего мутного сусла высокого давления:

$$m_{в.д.} = m_{н.с./креп.} \cdot p_{сус.} = 105 \cdot 1,0924 = 114,7 \text{ кг.}$$

Количество сусловой гущи из смеси сусла-самотека и сусла низкого давления (содержание плотных осадков в сусле взято по взвесям):

$$C_{пл.ос.} = \frac{C_{вз.}}{p_{сус.}} = \frac{6,0}{1,0924} = 5,49 \% \text{ об.,}$$

а отношение сусла и плотных частей в гуще принято равным 1,5:1:

$$V_{с.г.} = (V_{уд.н.с-с.} + V_{уд.н.н.д.}) (1 + 1,5) C_{пл.ос.} / 100$$

или

$$V_{с.г.} = (565 + 80) (1 + 1,5) 5,49 / 100 = 88,53 \text{ л,}$$

$$m_{с.г.} = (565 + 80) 1,0924 (1 + 1,5) 5,49 / 100 = 96,71 \text{ кг.}$$

Количество осветленного сусла-самотека в смеси с суслом низкого давления, полученного при декантировании с осадка,

$$V_{с-с.} = (V_{уд.н.с-с.} + V_{уд.н.н.д.}) - V_{с.г.} = (565 + 80) - 88,53 = 556,47 \text{ л}$$

или

$$m_{с.-с.} = (565 + 80) 1,0924 - 96,71 = 607,89 \text{ кг.}$$

Выход продуктов при центрифугировании сусловой гущи:  
выход фугата сусла:

$$V_{ф.с.} = V_{с.г.} \cdot 1,5 / 2,5 = 88,53 \cdot 1,5 / 2,5 = 53,12 \text{ л}$$

ИЛИ

$$m_{ф.с.} = 96,71 \cdot 1,5 / 2,5 = 58,03 \text{ кг};$$

выход осветленного сусла для брожения:

$$V_{ос.с.д./бр.} = V_{с-с} + V_{ф.с.} = 556,47 + 53,12 = 609,59 \text{ л}$$

ИЛИ

$$m_{ос.с.д./бр.} = 607,89 + 58,03 = 665,92 \text{ кг}.$$

Потери при брожении в потоке до остаточной сахаристости 3,0 %, которая принята по режиму работы броидильных аппаратов непрерывного действия. Потери на образование  $\text{CO}_2$ :

$$n_{\text{CO}_2} = V_{\text{CO}_2} \cdot 10 (C_{в.нач.} - C_{в.к.}) V_{ос.с.д./бр.} / 100000;$$
$$n_{\text{CO}_2} = 46,6 \cdot 10 (24 - 3) 609,59 / 100000 = 59,65 \text{ кг},$$

где  $V_{\text{CO}_2}$  – выход  $\text{CO}_2$  при сбраживании 100 г инвертного сахара, г.

Потери на контракцию образовавшегося при брожении спирта:

$$n_{\text{контр.брож}} = 0,0008 n (C_{в.нач.} - C_{в.к.}) V_{ос.с.д./бр.};$$
$$n_{\text{контр.брож}} = 0,0008 \cdot 0,6 (24 - 3) 609,59 = 6,14 \text{ л}$$

ИЛИ

$$n_{\text{контр.брож}} = 6,14 \cdot 100 / 609,59 = 1,007 \text{ \%}.$$

Потери механические приняты равными 0,6 %:

$$n_{\text{мех.бр.}} = m_{ос.с.д./бр.} \cdot n / 100 = 0,6 \cdot 665,92 / 100 = 3,99 \text{ кг};$$

$$n_{\text{мех.бр.}} = 609,59 \cdot 0,6 / 100 = 3,66 \text{ л}.$$

Выход сусла-недоброда из аппаратов непрерывного сбраживания

$$V_{\text{сус.нед.}} = V_{\text{осв.с.д./бр.}} - n_{\text{контр.бр.}} - n_{\text{мех.бр.}} = 609,59 - 6,14 - 3,66 = 599,79 \text{ л};$$

$$m_{\text{сус.нед.}} = 665,92 - 59,65 - 3,99 = 602,28 \text{ кг.}$$

Потери при дображивании насухо и осветлении в емкостях для хранения. Потери на образование CO<sub>2</sub>:

$$n_{\text{CO}_2} = V_{\text{CO}_2} \cdot 10 \Delta C_u V_{\text{осв.с.д./бр.}} / 100000 = 46,6 \cdot 10 (24 - 21) 609,59 / 100000 = 8,52 \text{ кг},$$

где  $\Delta C_u$  – количество сбродившего инвертного сахара в 100 мл сусла, г (%).

Потери на контракцию образовавшегося при дображивании спирта

$$n_{\text{контр.добр.}} = \frac{0,08 \cdot 0,6 \Delta C_u V_{\text{осв.с.д./бр.}}}{100} = \frac{0,08 \cdot 0,6 (24 - 21) 609,59}{100} = 0,88 \text{ л}$$

или

$$n_{\text{контр.добр.}} = \frac{0,88 \cdot 100}{609,59} = 0,144 \% \text{ об.}$$

Потери механические (приняты равными разности между средней величиной суммарных объемных потерь брожения 3 % и уже учтенными потерями:

$$\Delta n_{\text{мех.добр.}} = 3 - n_{\text{контр.бр.}} - n - n_{\text{контр.добр.}} = 3 - 1,007 - 0,6 - 0,144 = 1,249 \% \text{ об.});$$

$$n_{\text{мех.добр.}} = V_{\text{осв.с.д./бр.}} \Delta n_{\text{мех.}} / 100 = 609,59 \cdot 1,249 / 100 = 7,61 \text{ л}$$

или

$$n_{\text{мех.добр.}} = 665,92 \cdot 1,249 / 100 = 8,32 \text{ кг.}$$

Количество молодого виноматериала на момент снятия с дрожжевых осадков:

$$V_{\text{мол.вин.}} = V_{\text{сус.нед.}} - n_{\text{контр.добр.}} - n_{\text{мех.добр.}} = 599,79 - 0,88 - 7,61 = 591,3 \text{ л}$$

или

$$m_{\text{мол.вин}} = 602,28 - 8,52 - 8,32 = 585,44 \text{ кг.}$$

Потери при снятии виноматериала с дрожжевых осадков (приняты равными 0,5 % от объема сусла):

$$n_{\text{снят.в/м}} = V_{\text{осв.с.д./бр.}} \cdot n = 609,59 \cdot 0,005 = 3,05 \text{ л;}$$

$$n_{\text{снят.в/м}} = 3,05 \cdot 591,3 / 585,44 = 3,08 \text{ кг.}$$

Выход продуктов по объему при снятии с осадка дрожжей дрожжевой гущи (выход гущи принят равным 7,5 % об. Из условия, что ее образуется в 3 раза больше, чем плотной дрожжевой массы, представляющей собой дрожжевые отходы при брожении сусла насухо и составляющей 2,5 % об. от осветленного сусла):

$$V_{\text{др.гущ}} = V_{\text{осв.с.д./бр.}} \cdot 0,075 = 609,59 \cdot 0,075 = 45,72 \text{ л.}$$

Выход осветленного снятого с осадков виноматериала:

$$V_{\text{осв.в/м.поV}} = V_{\text{мол.вин}} - n_{\text{снят.в/м}} - V_{\text{др.г.поV}} = 591,3 - 3,05 - 45,72 = 542,53 \text{ л.}$$

Выход продуктов по массе при снятии с осадка дрожжей:  
выход осветленного, снятого с осадка, виноматериала:

$$m_{\text{осв.в/м.поV}} = V_{\text{осв.в/м.поV}} \cdot \rho_{\text{в/м}} = 542,53 \cdot 0,99158 = 537,96 \text{ кг,}$$

где  $\rho_{\text{в/м}}$  – плотность виноматериала при 20 °С (кг/л), вычисленная по содержанию в нем спирта ( $18 \cdot 0,6 = 10,8$  % об.) и общего экстракта, принято равным 2,0 %,

$$\rho_{\text{в/м}}^{20} = 0,99823 (0,98558 + 1,00776 - 1,00) = 0,99158 \text{ кг / л;}$$

выход дрожжевой гущи:

$$m_{\text{др.гущ}} = m_{\text{мол.вин}} - n_{\text{снят.в/м}} - m_{\text{осв.в./м.поV}} = 585,44 - 3,08 - 537,96 = 44,4 \text{ кг.}$$

Выход продуктов при центрифугировании дрожжевых гущ:  
выход виноматериала-фугата, составляющего  $7,5 - 2,5 = 5$  % об. от сбразживаемого сусла, или  $5,0 : 7,5 = 2/3$  части от объема дрожжевой гущи:

$$V_{в/м.ф.} = V_{др.г.ноV} \cdot 2/3 = V_{осв.с.д./бр.} \cdot 0,05 = 45,72 \cdot 2/3 = 609,59 \cdot 0,05 = 30,48 \text{ л};$$

$$m_{в/м.ф.} = V_{в/и.ф.(кг)} P_{в/м} = 30,48 \cdot 0,99158 = 30,22 \text{ кг}.$$

Плотная дрожжевая масса (осадка), составляющая 2,5 % об. от сброживаемого сусла, или 1/3 часть от объема дрожжевой гущи:

$$V_{пл.осв..} = V_{осв.с.д./бр.} \cdot 0,025 = V_{др.г.ноV} \cdot 1/3 = 45,72 \cdot 1/3 = 609,59 \cdot 0,025 = 15,24 \text{ л}$$

или

$$m_{пл.ос.} = m_{др.г.ущ} - m_{в/м.ф.} = 44,4 - 30,22 = 14,18 \text{ кг};$$

выход необработанных сухих виноматериалов после отделения дрожжевых осадков и их центрифугирования (с учетом использования виноматериала-фугата):

$$V_{необ.сух.в/м.} = V_{осв.в/м.ноV} + V_{в/м.ф.} = 542,53 + 30,48 = 573,01 \text{ л}$$

или

$$m_{необ.сух.в/м.} = 537,96 + 30,22 = 568,18 \text{ кг}.$$

Потери виноматериалов при второй переливке с эгализацией (с учетом вместимости резервуаров под виноматериалами и рабочего объема эгализатора потери приняты равными  $n + 0,08 + 0,07 = 0,15$  %):

$$n_{в/м,2-я.пер.} = V_{необ.сух.в/м} n = 573,01 \cdot 0,0015 = 0,86 \text{ л};$$

$$n_{в/м,2-я.пер.} = 568,18 \cdot 0,0015 = 0,85 \text{ кг}.$$

Выход необработанных виноматериалов после второй переливки

$$V_{необ.в/м2-я} = V_{необ.сух.в/м} - n_{в/м2-я.пер} = 573,01 - 0,86 = 572,15 \text{ л}$$

или

$$m_{необ.в/м2-я} = 568,18 - 0,85 = 567,33 \text{ кг}.$$

Потери виноматериала при хранении до передачи на обработку с целью стабилизации ( $n = 0,4$  % в год; продолжительность хранения – 12 месяцев; ритмичность передачи на обработку – равномерно в течение всего срока хранения, начиная с момента снятия с дрожжевых осадков):

$$n_{n.стаб.} = 1/2 V_{необ.сух.в/м} n \cdot 12 / (12 \cdot 100) = 1/2 \cdot 573,01 \cdot 0,4 \cdot 12 / (12 \cdot 100) = 1,15 \text{ л}$$

ИЛИ

$$1/2 \cdot 568,18 \cdot 0,4 \cdot 12 / (12 \cdot 100) = 1,14 \text{ кг.}$$

Выход необработанных эгализованных виноматериалов перед обработкой для придания стабильности:

$$V_{эг.в./м.д./стаб.} = V_{необ.в./м2-я} - n_{п.стаб.} = 572,15 - 1,15 = 571 \text{ л}$$

ИЛИ

$$m_{эг.в./м.д./стаб.} = 567,33 - 1,14 = 566,19 \text{ кг.}$$

Потери виноматериала при обработке: при передаче на оклейку в потоке ( $n = 0,08 \%$ ), при оклейке в потоке (не начисляются), при охлаждении в потоке с последующей выдержкой на холоде до 10 суток для осветления с рекупирацией холода ( $n = 0,42 \%$ ) и при фильтрации через фильтр-картон ( $n = 0,15 \%$ ) с передачей в емкости для отдыха перед розливом ( $n = 0,08 \%$ ):

$$n_{в./м.п./роз.} = V_{эг.в./м.д./ст.} (n_1 + n_2 + n_3 + n_4) / 100 = 571(0,08 + 0,42 + 0,08 + 0,15) / 100 = 4,17 \text{ л;}$$

$$n_{в./м.п./роз.} = 566,19 (0,08 + 0,42 + 0,08 + 0,15) / 100 = 4,13 \text{ кг.}$$

Выход обработанных розливостойких виноматериалов:

$$V_{роз.зрел.в/м} = V_{эг.в./м.д./стаб.} - n_{в./м.п./розл.} = 571 - 4,17 = 566,83 \text{ л}$$

ИЛИ

$$V_{роз.зрел.в/м} = 566,19 - 4,13 = 562,06 \text{ кг.}$$

### 2.3. Технологическая схема производства коньяка

Схемы производства коньяка изображены на рис. 2.3–2.5.

**Приемка виноматериала.** Виноматериалы на завод доставляются в автомобильных цистернах, а при наличии на заводе железнодорожных подъездных путей – в вагонах, оборудованных цистернами, или в специальных изотермических цистернах.

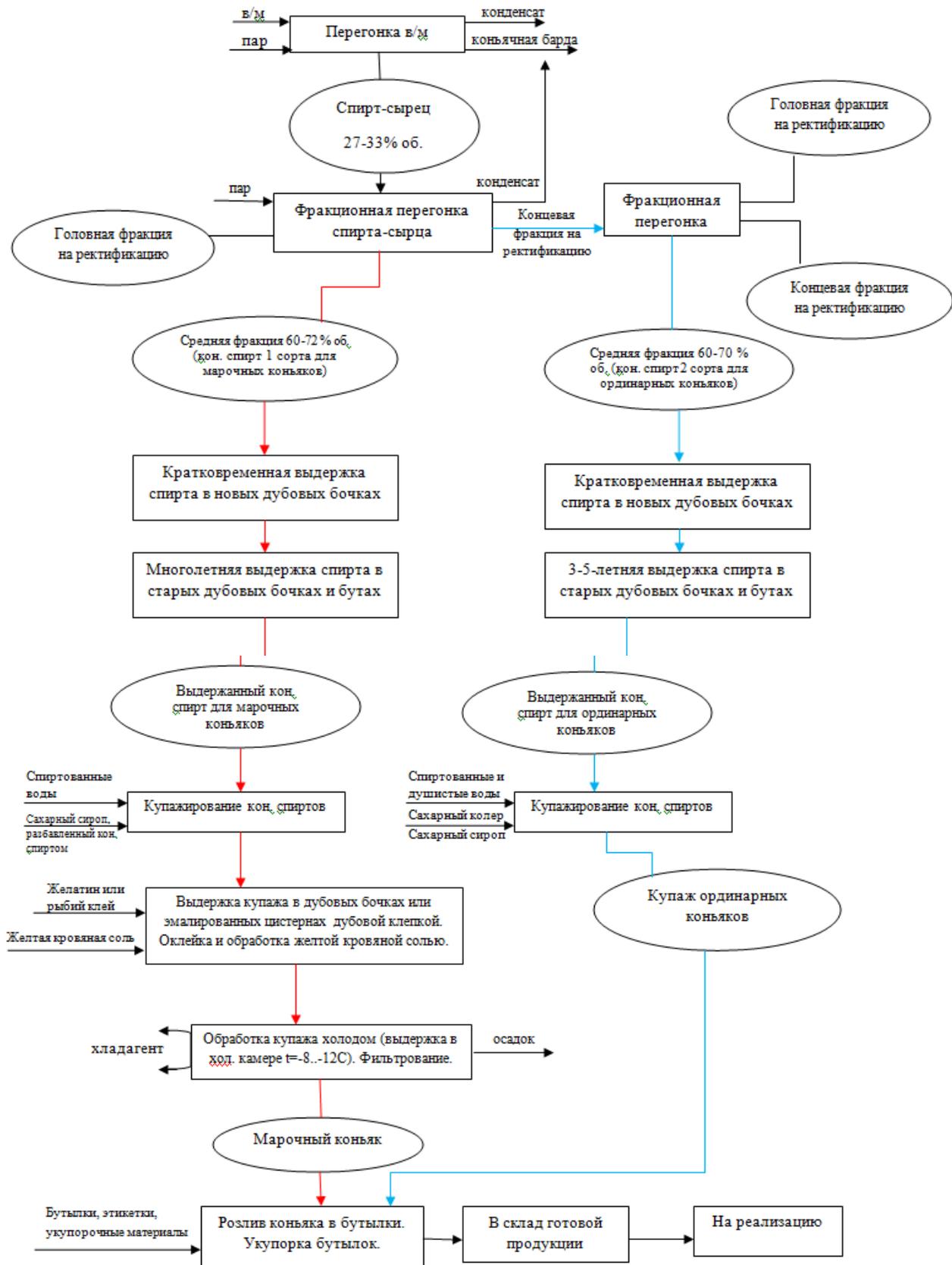


Рис. 2.3

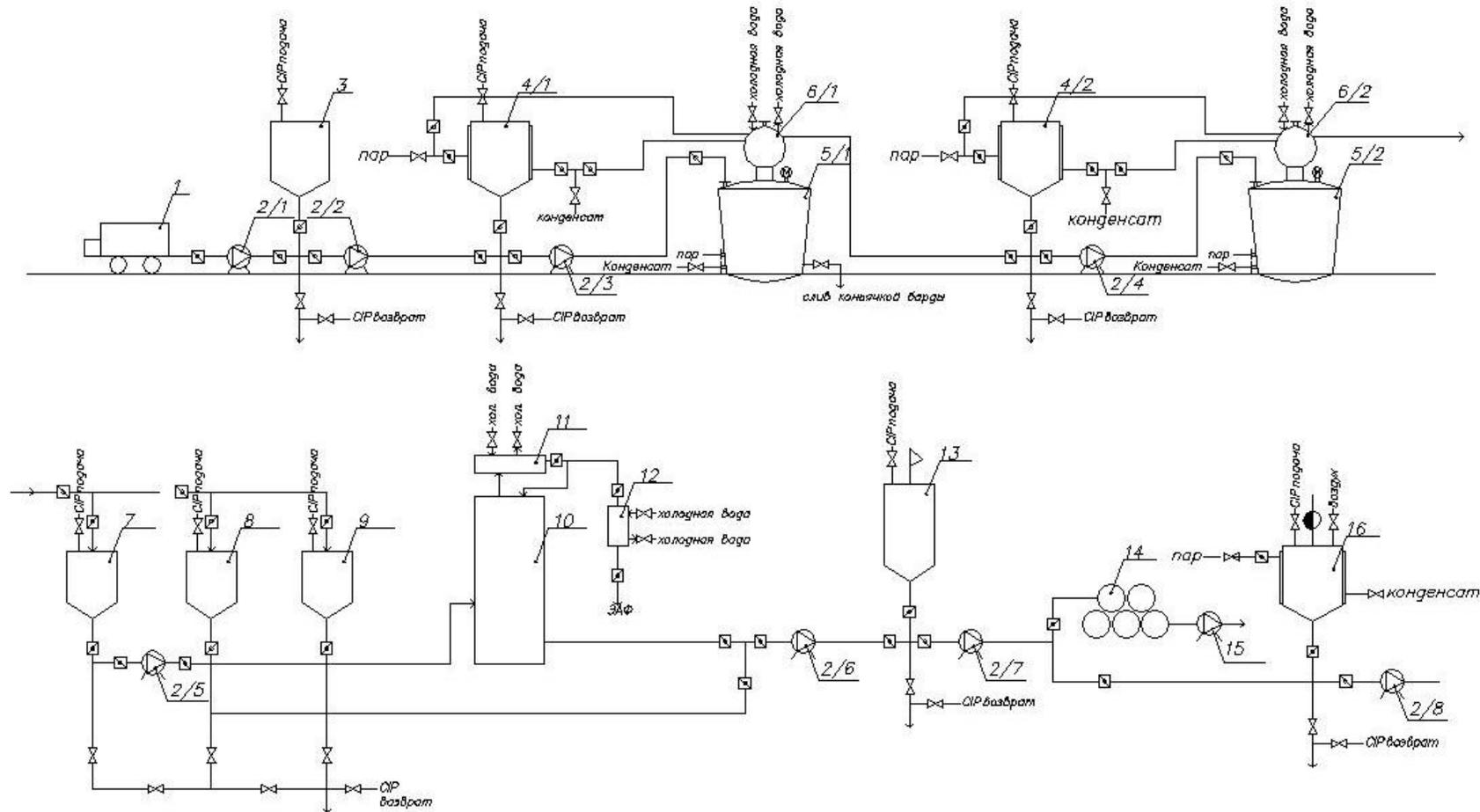


Рис. 2.4:

1 – поступление виноматериала; 2 – насосы центробежные; 3 – емкость для приемки виноматериала; 4 – преднагреватель; 5 – кубовый нагреватель; 6–дефлегматор; 7– емкость для сбора головной фракции; 8 – емкость для сбора средней фракции; 9 – емкость для сбора хвостовой фракции; 10 – ректификационная колонна; 11 – дефлегматор; 12 – конденсатор; 13 – емкость для эгализации; 14 – выдержка коньячных спиртов в дубовых бочках; 15 – насос для подачи выдержанных коньячных спиртов на купаж; 16 – емкость для резервуарной выдержки коньячных спиртов

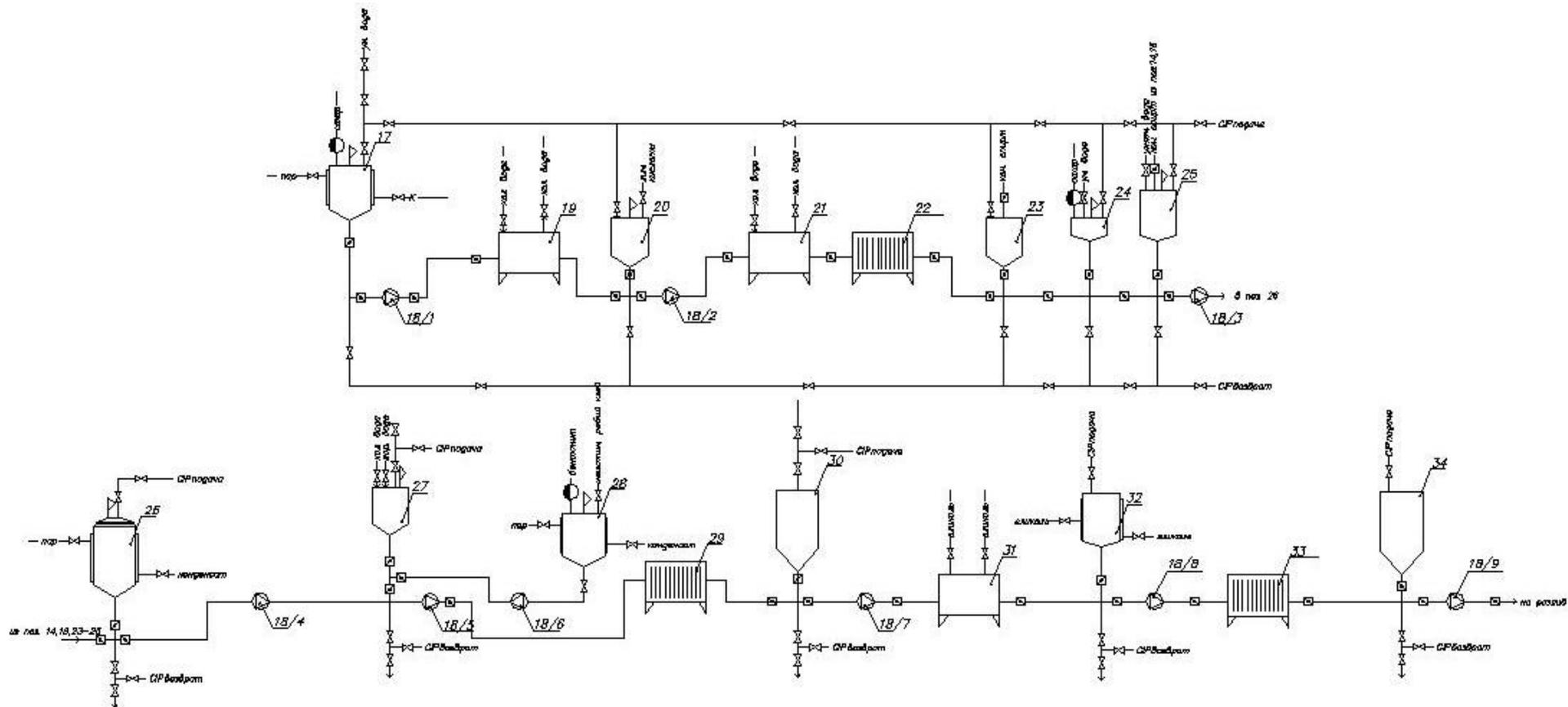


Рис. 2.5:

17 – сероповарочный котел; 18 – насосы; 19 – теплообменник; 20 – емкость для инверсии; 21 – теплообменник; 22 – фильтр; 23 – емкость для хранения сиропа; 24 – колеровочный котел; 25 – емкость для приготовления спиртованных вод; 26 – купажная емкость; 27 – емкость для оклейки; 28 – емкость для приготовления оклеивающих веществ; 29 – фильтр; 30 – емкость для послекупажного отдыха; 31 – теплообменник; 32 – емкость для выдержки на холоде; 33 – фильтр; 34 – передаточная емкость

Виноматериалы принимаются по объему через счетчики со степенью погрешности в пределах  $\pm 0,5$ – $\pm 1$  %, мерники технические 1 класса по паспортной вместимости автоцистерн, вагонов-цистерн. Дистилляцию коньячных виноматериалов на коньячный спирт производят сразу после окончания брожения, но не позднее 1 апреля следующего за урожаем года.

**Перегонка виноматериалов.** Коньячные виноматериалы, поступающие на перегонку, должны отвечать требованиям, приведенным в табл. 2.2.

Таблица 2.2

**Показатели коньячных виноматериалов**

Наименование показателей	Количество
Содержание этилового спирта в объемных процентах, не менее	7,5
Содержание сахара в процентах, не более	0,3
Титруемая кислотность, г/л, не менее	4,5
Летучая кислотность, г/л, не более	1,2
Содержание общей сернистой кислоты, мг/л, не более	15
Допустимое содержание дрожжей в процентах, до	2

Дистилляцию виноматериалов на коньячный спирт производят сразу после окончания брожения, но не позднее 1 апреля следующего за урожаем года на специализированных аппаратах, предусматривающих фракционирование погона. Полученный коньячный спирт должен отвечать требованиям ГОСТ Р 51145–98 «Спирты коньячные. Технические условия». Перегонка коньячных виноматериалов производится следующими методами:

- двойной сгонки на аппаратах периодического действия ша-рантского типа (КУ-500),
- одинарной прямой сгонки на аппаратах периодического действия ПУ-500,
- одинарной сгонки на аппаратах непрерывного действия К-5М (Народная Республика Болгария).

Перегонку виноматериалов на аппарате КУ-500 проводят с фракционированием по следующей схеме: головную фракцию направляют на ректификацию, среднюю фракцию выделяют как коньячный спирт, хвостовую фракцию добавляют к виноматериалу; после 4–8-кратного возврата хвостовой фракции ее выделяют и направляют на ректи-

фикацию. Общая продолжительность фракционной перегонки, налива навалки в нагревательный куб и слива барды – 11–14 ч.

За 10 ч до конца сгонки преднагреватель аппарата загружают виноматериалом в количестве 400–450 дал и 100–50 дал хвостовых фракций от предыдущих сгонок и нагревают до температуры 60 °С. Предварительный нагрев осуществляют за счет тепла дистиллята. Затем направляют в нагревательный куб, доводят ее до кипения и приступают к отбору фракций.

Головную фракцию отбирают в количестве 1–3 % от содержания безводного спирта в навалке. Отбор средней фракции прекращают при объемной доле этилового дистиллята 45–55 % об. и переходят на отбор хвостовой фракции.

По химическим показателям молодой коньячный спирт должен соответствовать требованиям ГОСТ Р51145–98 «Спирты технические. Технические условия» (табл. 2.3).

Таблица 2.3

#### Показатели невыдержанного коньячного спирта

Наименование показателей	Количество
Объемная доля этилового спирта, % об.	62–70
Массовая концентрация высших спиртов в пересчете на изоамиловый спирт, мг/100 см <sup>3</sup> безводного спирта	180–600
Массовая концентрация фурфурола, мг/100 см <sup>3</sup> безводного спирта	Не более 3,0
Массовая концентрация альдегидов в пересчете на уксусный альдегид, мг/100 см <sup>3</sup> безводного спирта	3–50
Массовая концентрация средних эфиров в пересчете на уксусно-этиловый эфир, мг/100 см <sup>3</sup> безводного спирта	50–250
Массовая концентрация летучих кислот в пересчете на уксусную кислоту, мг/100 см <sup>3</sup> безводного спирта	Не более 80
Массовая концентрация метилового спирта, г/дм <sup>3</sup>	Не более 1,2
Массовая концентрация меди, мг/дм <sup>3</sup>	Не более 8,0
Массовая концентрация общей сернистой кислоты, мг/дм <sup>3</sup>	Не более 45
Массовая концентрация железа, мг/дм <sup>3</sup> .	Не более 1,0

**Выдержка коньячных спиртов.** Выдержку коньячных спиртов производят в помещениях, позволяющих поддерживать температуру воздуха 15–25 °С и относительную влажность 75–90 %, а также отвечающих требованиям, предъявляемым к спиртохранилищам в коньячном производстве.

Коньячные спирты выдерживаются в дубовых бочках, отвечающих требованиям ТУ 10.24.15–90, в дубовых бутах, отвечающих требованиям ТУ 10.24.30–90, а также в стальных эмалированных резервуарах.

Допускается комбинированная выдержка коньячных спиртов в эмалированных резервуарах в течение первых пяти лет, а далее в бочках. В производстве марочных коньяков эти коньячные спирты смогут быть использованы не ранее чем через 1 год выдержки их в бочках.

При выдержке коньячных спиртов в эмалированных цистернах в них предварительно загружают отработанную дубовую клепку, соответствующую требованиям ТУ 10.24.14–90, из расчета удельной поверхности 700–900 см<sup>2</sup>/дал.

Физико-химические показатели выдержанного коньячного спирта приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

**Показатели выдержанного коньячного спирта**

Наименование показателей	Количество
Объемная доля этилового спирта, % об.	55–70
Массовая концентрация высших спиртов в пересчете на изоамиловый спирт, мг/100 см <sup>3</sup> безводного спирта	170–500
Массовая концентрация фурфурола безводного спирта, мг/100 см <sup>3</sup>	Не более 3,0
Массовая концентрация альдегидов в пересчете на уксусный альдегид, мг/100 см <sup>3</sup> безводного спирта	5–50
Массовая концентрация средних эфиров в пересчете на уксусно-этиловый эфир, мг/100 см <sup>3</sup> безводного спирта	50–270
Массовая концентрация летучих кислот в пересчете на уксусную кислоту, мг/100 см <sup>3</sup> безводного спирта	Не более 80
Массовая концентрация метилового спирта, г/дм <sup>3</sup>	Не более 1,2
Массовая концентрация меди, мг/дм <sup>3</sup>	Не более 8,0
Массовая концентрация общей сернистой кислоты, мг/дм <sup>3</sup>	Не более 40
Массовая концентрация железа, мг/дм <sup>3</sup>	Не более 1,0

Перед закладкой коньячных спиртов в старые бочки или эмалированные резервуары со старой клепкой рекомендуется обогащать коньячный спирт экстрактом дуба до достижения экстрактивности 0,4–0,6 г/дм<sup>3</sup> одним из принятых методов.

Для приема коньячного спирта из перегонных аппаратов и подачи его в цех хранения и выдержки предусматриваются стальные эмалированные емкости и мерники технические 1 класса из нержавеющей стали (X18H10T) или эмалированные. Количество емкостей для коньячного спирта рассчитывается на пятисуточную производительность аппаратного отделения, а вместимость резервуара должна соответствовать сменной производительности. Для сбора головной и хвостовой фракций устанавливаются дополнительно 2 емкости. Далее свежеотогнанный коньячный спирт направляют на выдержку.

Дубовые бочки первой категории вместимостью 30–70 дал наполняются молодым коньячным спиртом с недоливом, который составляет не более 2 % объема бочки, и устанавливаются на деревянных либо железобетонных брусках в три яруса или размещаются на стеллажах в 6–8 ярусов.

Стеллажный способ компоновки бочек экономически более целесообразен, так как исключает деформацию клепок, неизбежную при установке бочек друг на друга, в связи с чем уменьшаются потери спирта, а коэффициент использования производственных площадей возрастает.

**Приготовление купажа.** В зависимости от продолжительности и способов выдержки коньячных спиртов коньяки делятся на ординарные, марочные и коллекционные.

*Ординарные коньяки* готовят из коньячных спиртов, выдержанных не менее трех лет; они подразделяются на следующие группы:

– коньяк «три звездочки» – из коньячных спиртов, выдержанных не менее трех лет;

– коньяк «пять звездочек» – из коньячных спиртов среднего возраста не менее пяти лет;

– коньяки специальных наименований – из коньячных спиртов среднего возраста не менее четырех лет.

*Марочные коньяки* готовят из коньячных спиртов, выдержанных из дубовых бочек, среднего возраста не менее шести лет и подразделяются на следующие группы:

– коньяк выдержанный «КВ» – из коньячных спиртов среднего возраста не менее шести лет;

– коньяк «КВВК» – из коньячных спиртов среднего возраста не менее восьми лет;

– коньяк старый «КС» – из выдержанных коньячных спиртов среднего возраста не менее десяти лет.

*Коньяками коллекционными* называются купажи марочных коньяков, утвержденные актом и выдержанные не менее трех лет в дубовых бочках или бутах без учета послекупажного отдыха.

Коньяки по физико-химическим показателям должны соответствовать ГОСТР 51618–2000 «Коньяки Российские. Общие технические условия». Показатели коньяков различных марок приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

**Физико-химические показатели коньяков**

Наименование показателей	Значения показателей для коньяков						
	трех-летних	четырёх-летних	пяти-летних	«КВ»	«КВВК»	«КС»	«ОС»
Объемная доля этилового спирта, %	40,0	40,0	42,0	40,0–42,0	40,0–45,0	40,0–45,0	40,0–45,0
Массовая концентрация сахаров в пересчете на инвертный, г/100 см <sup>3</sup>	7,0–15,0	7,0–15,0	7,0–15,0	7,0–12,0	7,0–20,0	7,0–20,0	7,0–20,0
Массовая концентрация железа, мг/дм <sup>3</sup> , не более	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

В купаже коньяка участвуют следующие материалы: выдержанный коньячный спирт, умягченная вода, сахарный сироп, сахарный колер, спиртованные воды, купажные коньяки, дубовый экстракт.

Вначале составляют пробный купаж и проводят его дегустацию. При соответствии качественных показателей и типичности образца приступают к его производственному купажированию.

Коньяки купажируют с некоторым превышением от номинальных кондиций по объемной доле этилового спирта с учетом ее снижения от технологических обработок, срока послекупажного отдыха, условий хранения, розлива. Количество умягченной воды рассчитывают с учетом сжатия (контракции) смеси коньячный спирт-вода.

**Выдержанный коньячный спирт.** Выдержанные коньячные спирты подбирают согласно органолептическим характеристикам и пробному купажу. Их проверяют на объемную долю спирта и массовую концентрацию железа. Если массовая концентрация железа будет превышать  $1,5 \text{ мг/дм}^3$ , спирты следует деметаллизировать с использованием материалов, разрешенных «Основными правилами производства коньяков».

**Умягченная вода.** Умягченную воду готовят из питьевой воды путем дистилляции или очистки ионообменными смолами до жесткости  $0,36 \text{ ммоль/л}$ . Разрешается использовать естественную воду с жесткостью  $1 \text{ мг-экв/л}$ .

**Спиртованные воды.** Спиртованные воды готовят крепостью  $20\text{--}25 \%$  об. из коньячного спирта, возраст которого равен среднему возрасту спиртов, идущих в купаж коньяка. Коньячный спирт разбавляют умягченной водой. Спиртованные воды выдерживают в бочках или резервуарах с дубовой клепкой при температуре  $35\text{--}40 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение месяца. В купаж коньяка вводят до  $10 \%$  спиртованной воды от количества безводного спирта купажа.

**Сахарный сироп.** Сахарный сироп готовят в эмалированном резервуаре с мешалкой и рубашкой. В кипящую умягченную воду при непрерывном перемешивании вносят сахар из расчета  $1 \text{ кг}$  на  $0,05 \text{ дал}$  воды, варят до полного растворения сахара.

Сироп рекомендуется спиртовать до  $40 \%$  для обычных коньяков 4-летним, а для марочных коньяков 7-летним коньячным спиртом. Сахарный сироп рекомендуется выдерживать в эмалированных резервуарах с дубовыми клепками не менее 3 месяцев.

К спиртованному сиропу добавляют лимонную кислоту –  $40 \text{ г}$  на  $100 \text{ кг}$  сахара.

**Сахарный колер.** Сахарный колер готовят из сахара-песка по ГОСТ 21–94 или сахара-рафинада по ГОСТ 22–94 путем его термической карамелизации в специальных медных котлах с электрическим или огневым обогревом. В сахар добавляют  $1\text{--}2 \%$  воды и нагревают смесь при непрерывном перемешивании. Когда темпе-

ратура достигает 150–180 °С, нагрев постепенно замедляют. После того как пена, приобретая темно-вишневый цвет, становится воздушной и тонкие нити колера, опущенные в холодную воду, ломаются, нагрев прекращают. К охлажденной 60–70 °С массе добавляют горячую умягченную воду из расчета 0,55 дм<sup>3</sup> на 1 кг сахара.

Колер должен иметь темно-вишневый цвет, содержание остаточного сахара не более 40 %, обладать интенсивной окрашивающей способностью, не должен давать помутнений в 40–50 %-м спирте.

Колер рекомендуется спиртовать до 40 % пятилетним коньячным спиртом. Спиртованный колер выдерживают для ординарных коньяков не менее 3 месяцев, а для марочных коньяков – 1 год. Расход колера составляет по 4 дал на 1000 дал коньяка.

**Обработка купажа.** Приготовленный купаж, особенно при наличии в нем неприятной грубости во вкусе, оклеивают (желатином, рыбьим клеем, яичным белком) или обрабатывают бентонитом, фильтруют и отправляют на послекупажный отдых.

Для выбора оклеивающего материала и оптимальных доз проводится пробная оклейка.

Рекомендуемые дозировки оклеивающих веществ: желатин – 0,2–0,6 г/дал в виде 2–5 %-го раствора; рыбий клей – 2–4 г/дал в виде 1 %-го водного раствора; яичный белок – 1–3 г/дал в виде взбитого белка.

После внесения оклеивающих веществ купаж тщательно перемешивают, выдерживают на клею 12–15 суток и при снятии с клея фильтруют. Фильтрат используют в купаже коньяка, а оставшиеся твердые осадки направляют на утилизацию.

Фильтрацию коньяков проводят через фильтр-картон, мембраны, фильтрующие элементы. Для предупреждения обогащения коньяка кальцием рекомендуется фильтр-картон промыть 0,5–1 %-м раствором ортофосфорной или лимонной кислоты. Расход рабочего раствора кислоты – 4–8 дал на 1 м<sup>2</sup> поверхности фильтра-картона. После обработки кислотой производится промывка водой до нейтральной реакции.

Для сокращения потерь в летнее время рекомендуется перед фильтрацией охлаждать коньяк в потоке до температуры + 15 °С.

Продолжительность отдыха после купажа для ординарных коньяков – не менее 3 месяцев, для коньяков группы «КВ» – не менее 9 месяцев, для коньяков групп «КВВК и «КС» – не менее 12 месяцев.

Обработку коньяка холодом рекомендуется проводить на последнем месяце послекупажного отдыха. Коньяк охлаждают до температуры  $-6...-12$  °С и выдерживают при этой температуре не менее 5 суток. Затем коньяк фильтруют таким образом, чтобы его температура была не выше  $-3$  °С.

При комбинированной обработке холодом и теплом выходящий из фильтра коньяк при температуре не выше  $-3$  °С нагревают в потоке до  $30-35$  °С и отправляют на отдых сроком не менее 5 суток. Комбинированную обработку теплом и холодом назначают в зависимости от розливостойкости коньяков.

**Розлив коньяка** проводят при температуре  $15-20$  °С в бутылки вместимостью 0,5 и 0,7 л. Коньяк, розлитый в бутылки, должен иметь прозрачность с блеском, не содержать осадков.

Упаковка (розлив) коньяка в бутылки, укупорка и отделка этикеткой проводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 13741–78. На горловину бутылок поверх корковых пробок плотно надевают металлические или пластмассовые декоративные колпачки. На каждую бутылку с коньяком наклеивают художественно оформленную этикетку.

Бутылки с коньяком упаковывают в деревянную многооборотную тару по ГОСТ 11354, деревянные ящики по ГОСТ 10131, ящики из гофрированного картона по ГОСТ 13516 и ГОСТ 22702, пластмассовые многооборотные ящики для бутылок по ГОСТ 10-16.

Маркировка каждой единицы потребительской тары и упаковки должна соответствовать ГОСТ Р 51074. Допускается указывать условия хранения, информацию рекламного характера, штриховой код продукта.

На горловину бутылки наклеивают кольеретку с указанием среднего возраста спиртов. Маркирование закрытых дощатых ящиков и ящиков из гофрированного картона производится по ГОСТ 14192 с нанесением манипуляционных знаков: «Хрупкое. Осторожно», «Верх», «Беречь от влаги». На ящиках наносят следующие дополнительные обозначения: наименование и адрес предприятия-изготовителя, наименование продукта, количество бутылок, объем бутылок (в литрах).

Бутылки с коньяком должны храниться в складских помещениях при температуре не ниже  $5$  °С. Срок хранения коньяков со дня их розлива устанавливают в соответствии с технологической инст-

рукцией, утвержденной для конкретного наименования коньяка, не менее шести месяцев. Цех готовой продукции предназначается для хранения нормативных запасов готовой продукции и отгрузки ее на автотранспорт и железную дорогу.

## 2.4. Расчет продуктов при производстве коньяка

В производстве коньяков расчеты производятся на 1000 дал готового продукта. Для выяснения того, сколько требуется принять виноматериала, чтобы получить 1000 дал коньяка, необходимо начать расчет с конца и вести его к началу (к операции по приемке виноматериала).

Каждая технологическая операция сопровождается определением процентов потерь и отходов. Потери и расходы на каждой операции были установлены на практике и их величинами пользуются в расчетах. Таким образом, на каждую операцию поступает больше материала, чем выходит из нее. Для расчетов пользуются формулой

$$V = \frac{100A}{100 - n};$$

$$N = V - A,$$

где  $V$  – количество материала, поступающего на данную операцию, дал;  $A$  – количество материала, выходящего с операции, дал;  $n$  – потери и отходы в операции, %;  $N$  – потери и отходы в операции, дал.

Отличие продуктового расчета производства коньяков определяется тем, что материальный баланс можно составить только в декалитрах безводного спирта, так как в производстве используются материалы различной крепости (виноматериалы, коньячные спирты, коньяки).

В связи с этим, а также в соответствии с нормами технологического проектирования коньячных заводов потери при операциях с розлитым в бутылки коньяком (от отделки до экспедиции) и с виноматериалами (от приемки до подачи на перегонку) исчисляются по соответствующим нормам от реального объема этих материалов, поступающих в операцию, а затем пересчитывают в декалитры безводного спирта. При всех остальных операциях расчет потерь ведут от объема безводного спирта, содержащегося в материале, посту-

пающем в операцию. Для того чтобы данные продуктового расчета можно было использовать при разработке дальнейших разделов проекта, количество материалов, выраженное в декалитрах безводного спирта, пересчитывают в реальные объемы по формуле

$$V = \frac{V_{б.с.} \cdot 100}{a}$$

В целях сокращения объемов расчетов используют усредненные значения крепости коньяков, спиртов и виноматериалов. С этой же целью можно пренебречь потерями спирта при изготовлении и выдержке спиртованных вод, сахарного сиропа и колера, которые малы по сравнению с потерями при основных производственных операциях.

Методика продуктового расчета не исключает возможности проведения в случае необходимости расчета и этих потерь.

### Исходные данные

Определить потребное количество коньячных виноматериалов средней крепостью 10 % об. для производства 1000 дал коньяка при следующем ассортиментном плане (табл. 2.6).

Таблица 2.6

#### Ассортиментный план выпуска коньяков

Наименование марки коньяка	Крепость, % об.	Количество	
		% к плану	дал
<i>Ординарные</i>			
***	40	50	500
****	40	15	150
*****	40	10	100
Итого ординарных	–	75	750
<i>Марочные</i>			
КВ	40	12	120
КВВК	41	8	80
КС	42	5	50
Итого марочных	–	25	250

Средняя крепость коньяка, используемая при расчетах:

$$a_{cp} = \frac{40 \cdot 500 + 40 \cdot 150 + 40 \cdot 100 + 40 \cdot 120 + 41 \cdot 80 + 42 \cdot 50}{1000} = 40,18\% об.$$

### Продуктовый расчет

Хранение коньяка на складе готовой продукции до отгрузки потребителю запланированного объема коньяка. При норме потерь  $n = 0,02\%$  в склад готовой продукции поступает коньяка

$$V = \frac{1000 \cdot 100}{100 - 0,02} = 1000,2 \text{ дал.}$$

Потери при хранении составляют

$$N = 1000,2 - 1000 = 0,2 \text{ дал,}$$

или

$$N_{б.с.} = \frac{0,2 \cdot 40,18}{100} = 0,08 \text{ дал б.с.}$$

Укладка бутылок с коньяком в коробки. При норме потерь  $n = 0,07\%$  в операцию поступает

$$V = \frac{1000,2 \cdot 100}{100 - 0,07} = 1000,9 \text{ дал.}$$

Потери при укладке составляют

$$N = 1000,9 - 1000,2 = 0,7 \text{ дал,}$$

или

$$N_{б.с.} = \frac{0,7 \cdot 40,18}{100} = 0,28 \text{ дал б.с.}$$

Отделка. При норме потерь  $n = 0,07 \%$  в операцию поступает

$$V = \frac{1000,9 \cdot 100}{100 - 0,07} = 1001,6 \text{ дал.}$$

Потери при отделке составляют

$$N = 1001,6 - 1000,9 = 0,7 \text{ дал,}$$

или

$$N_{б.с.} = \frac{0,7 \cdot 40,18}{100} = 0,28 \text{ дал б.с.}$$

Розлив коньяка (с контрольной фильтрацией и укупоркой).  
Норма потерь при розливе  $n = 0,45 \%$  от безводного спирта, содержащегося в коньяке:

$$N_{б.с.} = \frac{1001,6 \cdot 40,18}{100} = 402,44 \text{ дал б.с.,}$$

Количество коньяка (дал б.с.), поступившего на розлив:

$$V = \frac{402,44 \cdot 100}{100 - 0,45} = 404,26 \text{ дал б.с.,}$$

или

$$N_{б.с.} = \frac{404,26 \cdot 100}{40,18} = 1006,13 \text{ дал.}$$

Потери при розливе составляют

$$N_6 = 404,26 - 402,44 = 1,82 \text{ дал б.с.}$$

Подача коньяка на розлив ( $n = 0,16 \%$ )

$$V_{б.с.} = \frac{402,26 \cdot 100}{100 - 0,16} = 404,91 \text{ дал б.с.;}$$

$$V = \frac{404,91 \cdot 100}{40,18} = 1007,736 \text{ дал.}$$

Потери при подаче составляют

$$N_{\bar{c}} = 404,91 - 404,26 = 0,65 \text{ дал б.с.}$$

Отдых коньяка. Ординарные коньяки выдерживают в цистернах 3 месяца, коньяк КВ – в бутах 6 месяцев, коньяк КВВК и КС – в бутах 12 месяцев. При годовых нормах потерь в цистернах  $n = 0,5 \%$  и в бутах  $n = 2,15 \%$  средняя норма потерь за время отдыха составит

$$n_{cp} = \frac{0,5 \cdot 3 \cdot 0,75}{12} + \frac{2,15 \cdot 6 \cdot 0,12}{12} + \frac{2,15 \cdot 12 \cdot 0,13}{12} = 0,5 \%$$

Тогда

$$V_{\bar{c}.c} = \frac{404,91 \cdot 100}{100 - 0,5} = 406,94 \text{ дал б.с.};$$

или

$$V = \frac{406,94 \cdot 100}{40,18} = 1012,8 \text{ дал.}$$

Потери при отдыхе составляют

$$N_{\bar{c}} = 406,94 - 404,91 = 2,03 \text{ дал б.с.}$$

Обработка коньяков холодом с фильтрацией. Норма потерь

$$n = 0,3 + 0,9 + 0,16 = 1,36 \%$$

Тогда

$$V_{\bar{c}.c} = \frac{406,94 \cdot 100}{100 - 1,36} = 412,55 \text{ дал б.с.};$$

$$V = \frac{412,55 \cdot 100}{40,18} = 1026,75 \text{ дал.};$$

$$N_{\bar{c}} = 412,55 - 406,94 = 5,61 \text{ дал б.с.}$$

Купаж коньяка. Норма потерь

$$n = 0,16 + 0,07 = 0,23 \%$$

Тогда

$$V_{\text{б.с.}} = \frac{412,55 \cdot 100}{100 - 0,23} = 413,5 \text{ дал б.с.};$$

$$V = \frac{413,5 \cdot 100}{40,18} = 1029,12 \text{ дал.}$$

Потери при купаже

$$N_6 = 413,5 - 412,55 = 0,95 \text{ дал б.с.}$$

Расчет потребного количества сахарного сиропа  $V_c$  с сахаристостью  $C_2 = 60 \%$  для повышения содержания сахара в коньяке до  $C = 1,5 \%$  при условии, что в купаж также вводят колер в количестве  $V_1 = 3$  дал при сахаристости  $30 \%$

$$V_{.c} = \frac{1029,12 \cdot 1,5 - 3 \cdot 30}{60} = 24,23 \text{ дал.}$$

Расчет потребного количества коньячного спирта крепостью  $a_{\text{сп}} = 64 \%$  об. (без учета контракции)

$$V_a = \frac{40,18 \cdot 1029,12 - 24[1029,12 - (24,23 + 3)]}{64 - 24} = 432,62 \text{ дал б.с.}$$

Расчет потребного количества спиртованных вод  $V_2$  крепостью  $a_2 = 24 \%$  об.:

$$V_2 = 1029,12 - (432,62 + 24,23 + 3) = 569,27 \text{ дал.}$$

Расчет контракции. В 100 дал водно-спиртовых смесей соответствующей крепости содержится воды: при крепости  $40,18 \%$  об. – 62,52 дал; при крепости  $64 \%$  об. – 39,56 дал; при крепости  $24 \%$  об. – 78,12 дал (по табл. «Сжатие объема (контракция) смеси этилового спирта при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  (по Г.И. Фертману)» – прил. 4.

Суммарный объем воды и сахара, вносимый в купаж с материалами,

$$V_k = \frac{432,62 \cdot 39,56 + 569,27 \cdot 78,12}{100 + 24,23 + 3} = 643,09 \text{ дал.}$$

Объем воды и сахара, который должен содержаться в коньяке,

$$V_{\cdot} = \frac{1029,12 \cdot 62,87}{100} = 643,55 \text{ дал.}$$

Следовательно, для компенсации сжатия объема в купаж нужно добавить воды в количестве

$$V_{в.р} = 643,41 - 643,09 = 0,32 \text{ дал.}$$

Проверка расчета купажа:

$$a = \frac{432,62 \cdot 64 + 569,27 \cdot 24}{1029,12} = 40,18 \% \text{ об.};$$

$$C = \frac{24,23 \cdot 60 + 3 \cdot 30}{1029,12} = 1,5 \%.$$

### Расчет потребного количества выдержанного коньячного спирта для купажа отдельных марок коньяка

Для коньяка 3 звездочки

$$V_{\bar{o}} = \frac{1029,12 \cdot 50 \cdot 40}{100 \cdot 100} = 205,82 \text{ дал б.с.};$$

$$V_{к.с.} = \frac{205,82}{0,64} = 321,6 \text{ дал.}$$

Для коньяка 4 звездочки

$$V_{\bar{o}} = \frac{1029,12 \cdot 15 \cdot 40}{100 \cdot 100} = 61,75 \text{ дал б.с.};$$

$$V_{к.с.} = \frac{61,75}{0,64} = 96,48 \text{ дал.}$$

Для коньяка 5 звездочек

$$V_{\bar{o}} = \frac{1029,12 \cdot 10 \cdot 40}{100 \cdot 100} = 41,16 \text{ дал б.с.};$$

$$V_{к.с.} = \frac{41,16}{0,64} = 64,32 \text{ дал.}$$

Для коньяка КВ

$$V_{\bar{o}} = \frac{1029,12 \cdot 12 \cdot 40}{100 \cdot 100} = 49,39 \text{ дал б.с.};$$

$$V_{к.с.} = \frac{49,39}{0,64} = 77,18 \text{ дал.}$$

Для коньяка КВВК

$$V_{\bar{o}} = \frac{1029,12 \cdot 8 \cdot 41}{100 \cdot 100} = 33,76 \text{ дал б.с.};$$

$$V_{к.с.} = \frac{33,76}{0,64} = 52,74 \text{ дал.}$$

Для коньяка КС

$$V_{\bar{o}} = \frac{1029,12 \cdot 5 \cdot 42}{100 \cdot 100} = 21,61 \text{ дал б.с.};$$

$$V_{к.с.} = \frac{21,61}{0,64} = 33,77 \text{ дал.}$$

## Выдержка спиртов в цистернах для коньяка три звездочки

Нормы потерь при выдержке в цистернах в течение первых двух лет составляют 0,6 % в год, на третий год они снижаются на 5 % и составляют 0,57 %. Норма потерь на впитывание клепкой

принята 0,4 %, т. е. для повторного залива. При дозировании кислорода потери составляют 0,1 %.

Третий год выдержки:

$$V_{\bar{o}} = \frac{205,82 \cdot 100}{100 - 0,57} = 206,99 \text{ дал б.с.};$$

$$V_{\text{к.с.}} = \frac{206,99}{0,64} = 323,44 \text{ дал};$$

$$N_{\bar{o}} = 206,99 - 205,82 = 1,17 \text{ дал б.с.}$$

Дозирование кислорода:

$$V_{\bar{o}} = \frac{206,99 \cdot 10}{100 - 0,1} = 207,19 \text{ дал б.с.};$$

$$V_{\text{к.с.}} = \frac{207,19}{0,64} = 323,73 \text{ дал};$$

$$N_{\bar{o}} = 207,19 - 206,99 = 0,2 \text{ дал б.с.}$$

Второй год выдержки:

$$V_{\bar{o}} = \frac{207,19 \cdot 100}{100 - 0,6} = 208,44 \text{ дал б.с.};$$

$$V_{\text{к.с.}} = \frac{208,44}{0,64} = 325,69 \text{ дал}; ;$$

$$N_{\bar{o}} = 208,44 - 207,19 = 1,25 \text{ дал б.с.}$$

Дозирование кислорода:

$$V_{\bar{o}} = \frac{208,44 \cdot 100}{100 - 0,1} = 208,65 \text{ дал б.с.};$$

$$V_{\text{к.с.}} = \frac{208,44}{0,64} = 326,02 \text{ дал}; ;$$

$$N_{\bar{o}} = 208,65 - 208,44 = 0,21 \text{ дал б.с.}$$

Первый год выдержки:

$$V_{\bar{o}} = \frac{208,65 \cdot 100}{100 - 0,6} = 209,91 \text{ дал б.с.};$$

$$V_{\text{к.с.}} = \frac{209,91}{0,64} = 327,98 \text{ дал};$$

$$N_{\bar{o}} = 209,91 - 208,65 = 1,26 \text{ дал б.с.}$$

Двукратная дозировка кислорода:

$$V_{\bar{o}} = \frac{209,91 \cdot 100}{100 - 0,2} = 210,33 \text{ дал б.с.};$$

$$V_{\text{к.с.}} = \frac{210,33}{0,64} = 328,64 \text{ дал};$$

$$N_{\bar{o}} = 210,33 - 209,91 = 0,42 \text{ дал б.с.}$$

Залив в цистерны с клепкой:

$$V_{\text{к.с.}} = \frac{211,17}{0,64} = 329,95 \text{ дал};$$

$$N_{\bar{o}} = 211,17 - 210,33 = 0,84 \text{ дал б.с.}$$

Эгализация спиртов ( $n = 0,39$ ):

$$V_{\bar{o}} = \frac{211,17 \cdot 100}{100 - 0,39} = 211,99 \text{ дал б.с.};$$

$$N_{\bar{o}} = 211,99 - 211,17 = 0,82 \text{ дал б.с.}$$

Суммарные потери:

$$N = 211,99 - 205,82 = 6,17 \text{ дал б.с.}$$

**Выдержка спиртов в бочках для коньяка четыре звездочки**

Норма потерь для первых двух лет составляет 3,8 % в год; для третьего года – 3,72 % (на 5 % ниже) и для четвертого – 3,42 %

(на 10 % ниже нормы первых двух лет). Потери спирта при заливе в бочки исчислены по норме для бочек, бывших под спиртом, – 0,5 %.

Четвертый год выдержки:

$$V_{\text{б}} = \frac{61,75 \cdot 100}{100 - 3,42} = 63,94 \text{ дал б.с.};$$

$$V_{\text{к.с.}} = \frac{63,94}{0,64} = 99,9 \text{ дал};$$

$$N_{\text{б}} = 63,94 - 61,75 = 2,19 \text{ дал б.с.}$$

Третий год выдержки:

$$V_{\text{б}} = \frac{63,94 \cdot 100}{100 - 3,72} = 66,41 \text{ дал б.с.};$$

$$V_{\text{к.с.}} = \frac{66,41}{0,64} = 103,77 \text{ дал};$$

$$N_{\text{б}} = 66,41 - 63,94 = 2,47 \text{ дал б.с.}$$

Второй год выдержки:

$$V_{\text{б}} = \frac{66,41 \cdot 100}{100 - 3,8} = 69,03 \text{ дал б.с.};$$

$$V_{\text{к.с.}} = \frac{69,03}{0,64} = 107,86 \text{ дал};$$

$$N_{\text{б}} = 69,03 - 66,41 = 2,62 \text{ дал б.с.}$$

Первый год выдержки:

$$V_{\text{б}} = \frac{69,03 \cdot 100}{100 - 3,8} = 71,76 \text{ дал б.с.};$$

$$V_{\text{к.с.}} = \frac{71,76}{0,64} = 112,12 \text{ дал};$$

$$N_6 = 71,76 - 69,03 = 2,73 \text{ дал б.с.}$$

Залив в бочки:

$$V_6 = \frac{69,03 \cdot 100}{100 - 0,5} = 72,12 \text{ дал б.с.};$$

$$V_{к.с.} = \frac{72,12}{0,64} = 112,69 \text{ дал};$$

$$N_6 = 72,12 - 71,76 = 0,36 \text{ дал б.с.}$$

Эгализация спиртов:

$$V_6 = \frac{72,12 \cdot 100}{100 - 0,39} = 72,4 \text{ дал б.с.};$$

$$V_{к.с.} = \frac{72,4}{0,64} = 113,13 \text{ дал};$$

$$N_6 = 72,4 - 72,12 = 0,28 \text{ дал б.с.}$$

Суммарные потери

$$N = 72,4 - 61,75 = 10,65 \text{ дал б.с.}$$

### Выдержка спиртов в бочках для коньяка пять звездочек

Нормы потерь и порядок расчетов те же, что и в предыдущем случае. Поэтому и здесь, и при расчетах спиртов для марочных коньяков для сокращения объема текста приводятся результаты без изложения арифметических действий. С этой же целью потери рассчитываем не по этапам, а на весь срок выдержки.

Пятый год выдержки:

$$V_6 = 42,62 \text{ дал б.с.}; V_{к.с.} = 66,59 \text{ дал}; N_6 = 1,46 \text{ дал б.с.}$$

Четвертый год выдержки:

$$V_6 = 44,13 \text{ дал б.с.}; V_{к.с.} = 68,95 \text{ дал}; N_6 = 1,51 \text{ дал б.с.}$$

Третий год выдержки:

$$V_{\bar{6}} = 46,34 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 72,41 \text{ дал}; N_{\bar{6}} = 2,21 \text{ дал б.с.}$$

Второй год выдержки:

$$V_{\bar{6}} = 48,17 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 75,27 \text{ дал}; N_{\bar{6}} = 1,83 \text{ дал б.с.}$$

Первый год выдержки:

$$V_{\bar{6}} = 50,07 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 78,24 \text{ дал}; N_{\bar{6}} = 1,9 \text{ дал б.с.}$$

Залив в бочки:

$$V_{\bar{6}} = 50,32 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 78,63 \text{ дал}; N_{\bar{6}} = 0,25 \text{ дал б.с.}$$

Эгализация спиртов:

$$V_{\bar{6}} = 50,52 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 78,93 \text{ дал}; N_{\bar{6}} = 0,2 \text{ дал б.с.}$$

$$\text{Суммарные потери: } N = 50,52 - 41,16 = 9,36 \text{ дал б.с.}$$

### Выдержка спиртов в бочках для коньяка КВ

Шестой год выдержки:

$$V_{\bar{6}} = 51,14 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 79,91 \text{ дал}; N_{\bar{6}} = 1,75 \text{ дал б.с.}$$

Пятый год выдержки:

$$V_{\bar{6}} = 52,95 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 82,74 \text{ дал}; N_{\bar{6}} = 1,81 \text{ дал б.с.}$$

Четвертый год выдержки:

$$V_{\bar{6}} = 54,83 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 85,66 \text{ дал}; N_{\bar{6}} = 1,88 \text{ дал б.с.}$$

Третий год выдержки:

$$V_{\bar{6}} = 56,95 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 88,98 \text{ дал}; N_{\bar{6}} = 2,12 \text{ дал б.с.}$$

Второй год выдержки:

$$V_{\bar{6}} = 59,19 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 92,49 \text{ дал}; N_{\bar{6}} = 2,24 \text{ дал б.с.}$$

Первый год выдержки:

$$V_{\bar{6}} = 61,53 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 96,14 \text{ дал}; N_{\bar{6}} = 2,34 \text{ дал б.с.}$$

Залив в бутылки:

$$V_{\text{б}} = 61,84 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 96,62 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 0,31 \text{ дал б.с.}$$

Эгализация спиртов:

$$V_{\text{б}} = 62,08 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 97,00 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 0,24 \text{ дал б.с.}$$

$$\text{Суммарные потери: } N = 62,08 - 49,39 = 12,69 \text{ дал б.с.}$$

### Выдержка спиртов в бочках для коньяка КВВК

Восьмой год выдержки:

$$V_{\text{б}} = 34,96 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 54,62 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 1,2 \text{ дал б.с.}$$

Седьмой год выдержки:

$$V_{\text{б}} = 36,19 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 56,56 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 1,23 \text{ дал б.с.}$$

Шестой год выдержки:

$$V_{\text{б}} = 37,47 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 58,55 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 1,28 \text{ дал б.с.}$$

Пятый год выдержки:

$$V_{\text{б}} = 38,79 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 60,62 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 1,32 \text{ дал б.с.}$$

Четвертый год выдержки:

$$V_{\text{б}} = 40,16 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 62,76 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 1,37 \text{ дал б.с.}$$

Третий год выдержки:

$$V_{\text{б}} = 41,71 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 65,17 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 1,55 \text{ дал б.с.}$$

Второй год выдержки:

$$V_{\text{б}} = 43,36 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 67,75 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 1,65 \text{ дал б.с.}$$

Первый год выдержки:

$$V_{\text{б}} = 45,07 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 70,43 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 1,71 \text{ дал б.с.}$$

Залив в бутылки:

$$V_{\text{б}} = 45,29 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 70,78 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 0,22 \text{ дал б.с.}$$

Эгализация спиртов:

$$V_{\text{б}} = 45,47 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 71,04 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 0,18 \text{ дал б.с.}$$

Суммарные потери:

$$N = 45,47 - 33,76 = 11,71 \text{ дал б.с.}$$

### Выдержка спиртов в бочках для коньяка КС

Десятый год выдержки:

$$V_{\text{б}} = 22,38 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 34,96 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 0,77 \text{ дал б.с.}$$

Девятый год выдержки:

$$V_{\text{б}} = 23,17 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 36,21 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 0,79 \text{ дал б.с.}$$

Восьмой год выдержки:

$$V_{\text{б}} = 23,99 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 37,49 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 0,82 \text{ дал б.с.}$$

Седьмой год выдержки:

$$V_{\text{б}} = 24,84 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 38,81 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 0,85 \text{ дал б.с.}$$

Шестой год выдержки:

$$V_{\text{б}} = 25,72 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 40,19 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 0,88 \text{ дал б.с.}$$

Пятый год выдержки:

$$V_{\text{б}} = 26,63 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 41,61 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 0,91 \text{ дал б.с.}$$

Четвертый год выдержки:

$$V_{\text{б}} = 27,57 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 43,08 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 0,94 \text{ дал б.с.}$$

Третий год выдержки:

$$V_{\text{б}} = 28,64 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 44,72 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 1,07 \text{ дал б.с.}$$

Второй год выдержки:

$$V_{\text{б}} = 29,77 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 46,52 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 1,13 \text{ дал б.с.}$$

Первый год выдержки:

$$V_{\text{б}} = 30,95 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 48,35 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 1,18 \text{ дал б.с.}$$

Залив в бутылки:

$$V_{\text{б}} = 31,11 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 48,6 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 0,16 \text{ дал б.с.}$$

Эгализация спиртов:

$$V_{\text{б}} = 31,23 \text{ дал б.с.}; V_{\text{к.с}} = 48,79 \text{ дал}; N_{\text{б}} = 0,12 \text{ дал б.с.}$$

$$\text{Суммарные потери: } N = 31,23 - 21,61 = 9,62 \text{ дал б.с.}$$

Количество свежеперегнанного спирта для приготовления всех марок коньяков (дал б.с):

$$V_{\text{б.с}} = 211,99 + 72,4 + 50,52 + 62,08 + 45,47 + 31,23 = 473,69 \text{ дал б.с.}$$

или

$$V_{\text{к.с}} = 331,24 + 113,13 + 78,93 + 97,00 + 71,04 + 48,79 = 740,13 \text{ дал коньячного спирта}$$

Коньячные виноматериалы для обычных коньяков получают на аппаратах КУ-500, а для марочных – на аппаратах УПКС (шарантских).

Объем виноматериалов, потребный для выработки необходимого количества коньячных спиртов, определяется по формуле

$$V_{\text{в.м.}} = \frac{C_{\text{к.с.}} V_{\text{к.с.}}}{C_{\text{в.м.}} B_{\text{ср.}}},$$

где  $V_{\text{в.м}}$  и  $V_{\text{к.с}}$  – объемы виноматериала и коньячного спирта, дал;  $C_{\text{в.м}}$  и  $C_{\text{к.с}}$  – крепость виноматериала и коньячного спирта, % об.;  $B_{\text{ср}}$  – средний выход коньячного спирта, зависящий от марки перегонного аппарата, % от безводного спирта в материале.

По производственным данным, выход спирта на аппаратах УПКС составляет 92 %, на аппаратах КУ-500 – 94 %. Тогда

$$B_{\text{ср}} = \frac{(331,24 + 113,13 + 78,93) 94 + (97,00 + 71,04 + 48,79) 92}{740,13} = 93,41 \text{ \%}.$$

Количество виноматериалов крепостью 10 % об., необходимое для получения потребного количества коньячного спирта средней крепости 64 % об.,

$$V_{в.м.} = \frac{64 \cdot 740,13 \cdot 100}{10 \cdot 93,41} = 5071,01 \text{ дал.}$$

Потери безводного спирта при перегонке

$$N_{б.с} = 507,1 - 473,69 = 33,41 \text{ дал б.с.}$$

Подача виноматериала на перегонку ( $n = 0,08 \%$  от объема виноматериала):

$$N_{в.м.} = \frac{5071,01 \cdot 100}{100 - 0,08} = 5075,07 \text{ дал;}$$

$$N_{б.с} = 507,51 - 507,10 = 0,41 \text{ дал б.с.}$$

Эгализация виноматериалов ( $n = 0,22 \%$ ):

$$V_{в.м.} = \frac{5075,07 \cdot 100}{100 - 0,22} = 5086,26 \text{ дал;}$$

$$N_{б.с} = 508,62 - 507,51 = 1,11 \text{ дал б.с.}$$

Хранение виноматериалов в железобетонных резервуарах в надземном винохранилище при температуре до  $20^{\circ}\text{C}$  в течение 2 месяцев ( $n = 1 \%$ ):

$$n = \frac{1 \cdot 2}{12} = 0,17 \%;$$

$$V_{в.м.} = \frac{5086,26 \cdot 100}{100 - 0,17} = 5094,926 \text{ дал;}$$

$$N_{б.с} = 509,49 - 508,63 = 0,86 \text{ дал б.с.}$$

Приемка виноматериалов при условии доставки их в железнодорожных и автомобильных цистернах ( $n = 0,09 \%$ ):

$$V_{в.м.} = \frac{5086,92 \cdot 100}{100 - 0,09} = 5099,516 \text{ дал};$$

$$N_{б.с} = 509,95 - 509,49 = 0,46 \text{ дал б.с.}$$

Таким образом, начав расчет с конца технологической схемы (хранение коньяка на складе готовой продукции) и постепенно двигаясь к ее началу (приемка виноматериала), мы учли все потери и отходы по операциям и получили, что для производства 1000 дал готового коньяка необходимо 5099,51 дал виноматериалов.

Чтобы убедиться в том, что расчет сделан правильно, составим сводный материальный баланс (табл. 2.7).

Таблица 2.7

### Сводный материальный баланс

Поступление	Единицы измерения, дал б.с.	Выход	Единицы измерения, дал б.с.
Коньячный виноматериал	509,95	Коньяк всех марок	401,8
		<i>Потери коньяка</i>	
		При хранении на складе готовой продукции	0,08
		При укладке в ящики	0,28
		При отделке бутылок	0,28
		При розливе	1,82
		При подаче на розлив	0,65
		При отдыхе	2,03
		При обработке холодом	5,61
		При купаже	0,95
		<i>Потери при выдержке коньячных спиртов</i>	
		***	6,17
		****	10,65
		*****	9,36
		КВ	12,69
		КВВК	11,71
		КС	9,62

Окончание табл. 2.7

Поступление	Единицы измерения, дал б.с.	Выход	Единицы измерения, дал б.с.
		<i>Потери виноматериалов</i>	
		При перегонке	33,41
		При подаче на перегонку	0,41
		При эгализации	1,11
		При хранении	0,86
		При приемке	0,46
Итого	509,95	Итого	509,95

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Нормативы выхода спирта из тонны условного крахмала в производстве спирта

Виды сырья по культурам	Выход спирта в декалитрах из 1 т условного крахмала по схемам производства			
	периодической	полунепрерывной	непрерывной	непрерывной с мех.-фермент. обработкой
Картофель	64,7	65,0	65,7	66,1
Кукуруза	64,0	64,3	65,0	65,4
Рожь	62,9	63,2	63,9	64,3
Пшеница	63,7	64,0	64,7	65,1
Ячмень	62,4	62,7	63,4	63,8
Овес и чумиза	61,8	62,1	62,8	63,2
Просо, гаолян	63,5	63,8	64,5	64,9
Гречиха	61,1	61,4	62,1	62,5
Вика, чечевица, горох	59,1	59,4	60,1	60,5
Сахарная свекла	61,4	61,7	62,4	62,8
Рис нешелушенный	61,8	62,1	62,8	63,2
Рис-крупка	64,7	65,0	65,7	66,1
Сорго	–	–	65,3	65,7

При внедрении технических усовершенствований к нормативным выходам спирта устанавливаются следующие надбавки в декалитрах на тонну крахмала: удлиненный срок брожения до 72 ч – 0,8, в том числе за каждые 6 ч сверх 48 ч – 0,2;

непрерывно-поточный и циклический способы брожения при сроке 60 ч (приравниваются к 72 ч периодического брожения) – 0,8;

осахаривание с вакуумохлаждением – 0,1;

полная замена солода поверхностной культурой плесневых грибов – 0,3;

частичная замена солода поверхностной культурой плесневых грибов (в соответствии с технологической инструкцией) – 0,2;

полная замена солода ферментными препаратами глубинного расщепления – 0,7;

частичная замена солода глубинной культурой – 0,2;

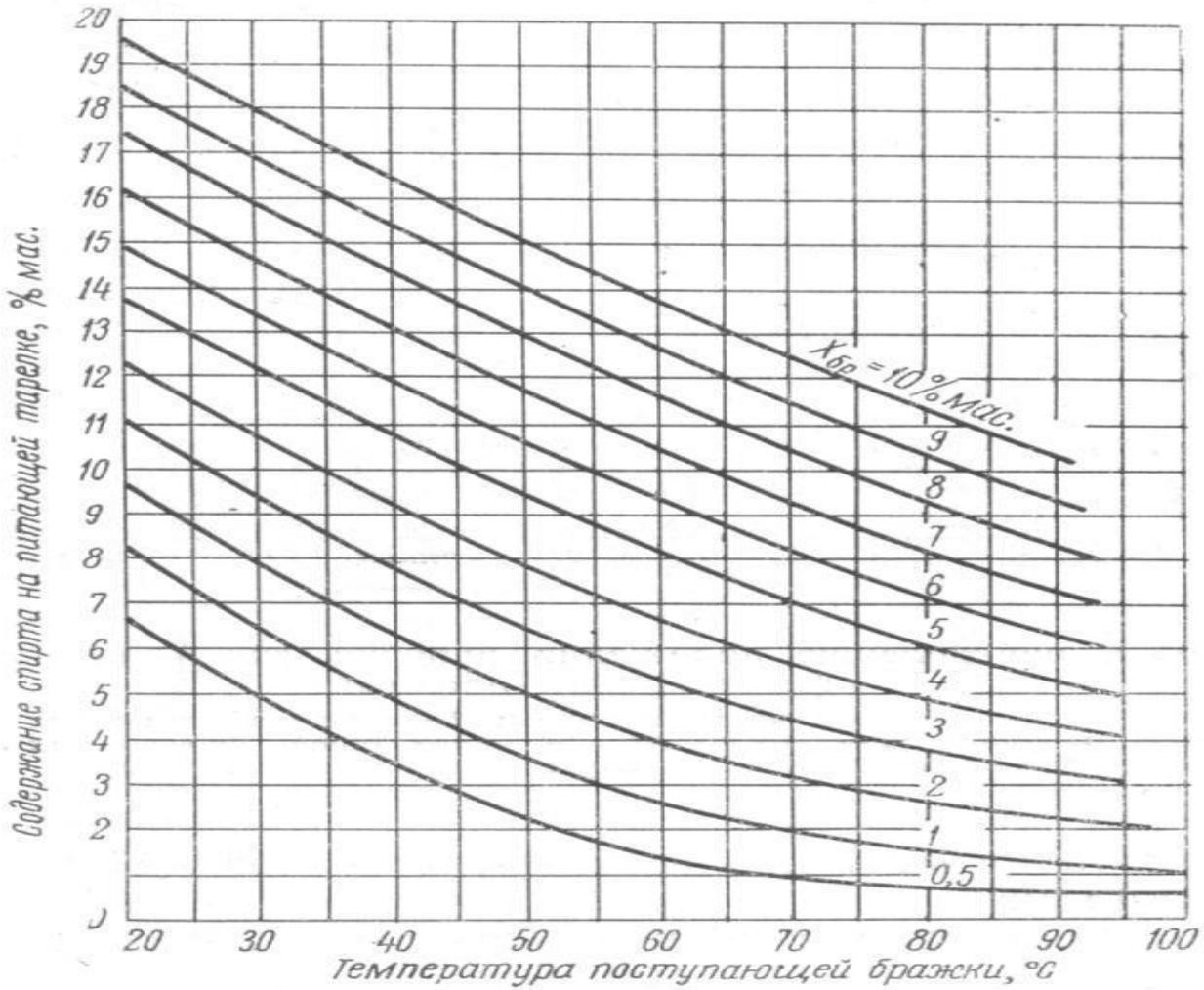
полная замена солода ферментными препаратами при механико-ферментативной обработке сырья – 1,1;

рециркуляция бражки при непрерывно-поточном и циклическом способах брожения при сроке 60 ч – 0,1.

**Характеристика ферментных препаратов фирмы  
«ЭрбслеГайзенхайм»**

Ферментные препараты, продуценты ферментов	Основной фермент	Активность, ед/мл	Активность в оптимальных условиях, ед/мл	Действие	$t^{\circ}\text{C}$	pH	Рекомендуемая дозировка, ед/г крахмала
Дистицим БА <i>Bacillus subtilis</i>	$\alpha$ -амилаза	2300	4400	Разжижение	30–85	5,5–8,5	0,8–1,0
Дистицим БА-Т <i>Bacillus Iicheniformis</i>	$\alpha$ -амилаза термостабильная	1600	4200	Разжижение	30–110	5,5–8,0	0,5–0,6
Дистицим БА-Т Специал <i>Bacillus Iicheniformis Stearothermophilus</i>	$\alpha$ -амилаза термостабильная кислотостойчивая	950	4700	Разжижение	30–110	5,4–8,0	0,2–0,3
Дистицим АГ <i>Asergillusniger</i>	Глюкоамилаза $\alpha$ -амилаза	6500 250	33000	Осахаривание	30–70	3,0–7,0	4,0–6,2
Глюкамил <i>Asergillusniger</i>	Глюкоамилаза $\alpha$ -амилаза	5200 150	30000	Осахаривание	30–70	3,0–7,0	4,0–6,2
Дистицим Протацид Экстра <i>Asergillusniger</i>	Протеаза кислая	320	–	Гидролиз белка	15–70	2,0–6,0	0,3–0,5
Дистицим XL <i>Trichoderma Longibrachiatu</i>	Термостабильная $\beta$ -глюканаза, ксиланаза	2200 1000	–	Гидролиз $\beta$ -глюкана и ксилана	30–90	3,5–6,0	0,044–0,11 0,02–0,05

**Номограмма зависимости содержания спирта  
на питающей тарелке  
от температуры бражки (по Четверикову Е.Ф.)**



**Сжатие объема (контракция) смеси этилового спирта  
с водой при 20 °С ( по Г.И. Фертману)**

Содержание, л на 100 л смеси		Сжатие смеси, л	Содержание, л на 100 л смеси		Сжатие смеси, л
спирта	воды		спирта	воды	
0	100,000	0,000	51	52,662	3,662
1	99,060	0,060	52	51,670	3,670
2	98,123	0,123	53	50,676	3,676
3	97,189	0,189	54	49,679	3,679
4	96,257	0,257	55	48,679	3,679
5	95,328	0,328	56	47,679	3,679
6	94,405	0,405	57	46,670	3,670
7	93,485	0,485	58	45,661	3,662
8	92,568	0,568	59	44,650	3,650
9	91,654	0,654	60	43,637	3,637
10	90,744	0,744	61	42,620	3,620
11	89,833	0,833	62	41,601	3,601
12	88,925	0,925	63	40,579	3,579
13	88,018	1,018	64	39,555	3,555
14	87,114	1,114	65	38,529	3,529
15	86,210	1,210	66	37,500	3,500
16	85,308	1,308	67	36,469	3,469
17	84,409	1,409	68	35,436	3,436
18	83,511	1,511	69	34,399	3,399
19	82,615	1,615	70	33,360	3,360
20	81,719	1,719	71	32,320	3,320
21	80,821	1,821	72	31,278	3,278
22	79,923	1,934	73	30,233	3,233
23	79,022	2,022	74	29,183	3,183
24	78,120	2,120	75	28,132	3,132
25	77,217	2,217	76	27,079	3,079
26	76,312	2,318	77	26,022	3,022
27	75,406	2,406	78	24,961	2,961
28	74,499	2,499	79	23,897	2,897
29	73,587	2,587	80	22,830	2,830
30	72,674	2,674	81	21,760	2,760
31	71,759	2,759	82	20,687	2,687
32	70,841	2,841	83	19,608	2,608
33	69,917	2,917	84	18,525	2,525
34	68,991	2,991	85	17,437	2,437
35	68,059	3,059	86	16,345	2,345
36	67,124	3,124	87	15,247	2,247
37	66,185	3,185	88	14,143	2,143
38	65,242	3,242	89	13,032	2,032
39	64,295	3,295	90	11,912	1,912
40	63,347	3,347	91	10,786	1,786
41	62,395	3,395	92	9,651	1,651
42	61,439	3,439	93	8,506	1,506
43	60,476	3,476	94	7,348	1,348
44	59,511	3,511	95	6,173	1,173
45	58,542	3,542	96	4,985	0,985
46	57,570	3,570	97	3,780	0,780
47	56,496	3,496	98	2,552	0,552
48	55,617	3,617	99	1,293	0,293
49	54,635	3,635			
50	53,650	3,650			

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Богданов Ю.П., Зотов В.Н., Колосков С.П.** Справочник по производству спирта. Оборудование, средства механизации и автоматизации. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. – 480 с.

**Ильинич В.В., Бурачевский И.И.** Технология спирта и спиртопродуктов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 348 с.

Инструкция по технологическому проектированию коньячных заводов, 1986.

**Кретов И.Т.** Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности. – Изд-во Воронеж. ун-та, 1997. – 446 с.

Лабораторный практикум. Технология вин. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. – 215 с.

**Маринченко В.Л., Цыганков П.С., Швец В.Н.** Интенсификация спиртового производства. – Киев: Техника, 1983. – 128 с.

**Малтабар В.М., Фертман Г.И.** Технология коньяка. – М.: Пищ. пром-сть. – 1971.

Нормы технологического проектирования спиртовых заводов. ВНТП 34–93. – М.: Гипропищепром-2, 1993. – 134.

Нормы технологического проектирования винодельческих заводов по переработке винограда. Гипропищепром-2. – М., 1985. – 52 с.

Сборник основных правил, технологических инструкций и нормативных материалов по производству винодельческой продукции. – М.: Пищепромиздат, 1998. – 242 с.

**Швец В.Н., Маринченко В.А.** Реконструкция спиртовых заводов. – Киев: Техника, 1978. – 207 с.

**Шольц Е.П., Пономарев В.Ф.** Технология переработки винограда. – М.: Агропромиздат, 1990. – 447 с.

**Яровенко В.Л.** Технология спирта. – М.: Колос, 2002. – 463 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СПИРТА ИЗ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ .....	3
1.1. Технологическая схема производства спирта из зернового сырья .....	3
1.2. Расчет продуктов при производстве спирта из зернового сырья .....	16
1.2.1. Расчет продуктов до перегонки (получение бражки) .....	16
1.2.2. Расчет продуктов брагоректификации .....	34
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОНЬЯКА .....	42
2.1. Технологическая схема производства коньячных виноматериалов .....	43
2.2. Расчет продуктов при производстве коньячных виноматериалов .....	48
2.3. Технологическая схема производства коньяка .....	55
2.4. Расчет продуктов при производстве коньяка.....	67
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	86
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	90

Баракова Надежда Васильевна

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ  
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СПИРТА  
И КРЕПКИХ АЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ**

**Учебно-методическое пособие**

*Ответственный редактор*  
Т.Г. Смирнова

*Титульный редактор*  
Е.О. Трусова

*Компьютерная верстка*  
Н.В. Гуральник

*Дизайн обложки*  
Н.А. Потехина

*Печатается  
в авторской редакции*

---

Подписано в печать 10.09.2015. Формат 60×84 1/16

Усл. печ. л. 5,58. Печ. л. 6,0. Уч.-изд. л. 5,75

Тираж 70 экз. Заказ № С 53

---

Университет ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

Издательско-информационный комплекс  
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9