

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Оптимизация технологии получения молодых коньячных дистиллятов с использованием математического моделирования

Александр Васильевич Васылык, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., зам. директора по научной работе, руководитель отделения виноделия, a.v.vasylyk@gmail.com

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарах» РАН», Россия, Республика Крым, 298600, г. Ялта, ул. Кирова, 31

Приведены основные схемы получения молодых коньячных дистиллятов на аппаратах периодического действия двойной сгонки (шарантского типа), традиционно применяемые в отечественном коньячном производстве и у классических французских производителей. При помощи математического моделирования проведен анализ и определен выход коньячного дистиллята с заданными кондициями и удельные энергетические затраты при одинаковых начальных условиях, но при различных вариантах перегонки. Произведен расчет кондиций основных получаемых продуктов и промежуточных фракций за один цикл дистилляции, а также за длительную последовательность циклов для учета влияния возвращаемых головных и хвостовых фракций, на процесс последующих перегонок. Установлено, что схемы получения коньячных дистиллятов, традиционно используемые в странах СНГ, и метод дистилляции MARTELL, являются менее эффективными с точки зрения выхода коньячного дистиллята и удельных энергозатрат, чем метод дистилляции коньячных домов REMY MARTIN и HENNESSY. Установлено, что регулирование объемной доли этилового спирта в спирте-сырце коньячном за счет отбора хвостовой фракции при первой перегонке является эффективным способом управления процессом дистилляции, который оказывает влияние на общий выход кондиционного коньячного дистиллята и удельные энергетические затраты. Максимальный выход коньячного дистиллята и минимальные удельные энергозатраты при перегонке винограда с объемной долей этилового спирта 10,5 % и получением коньячного дистиллята с объемной долей этилового спирта 70% достигаются в случае начала отбора хвостовой фракции при объемной доле этилового спирта в парах (спиртовом фомаре) в диапазоне 14-16%. Показано, что применяемые различные производителями схемы получения коньячных спиртов имеют потенциал для оптимизации, позволяющий увеличить выход коньячного спирта до 2,4 % и снизить удельные энергозатраты до 5 %. Оптимизация схемы получения коньячных дистиллятов не требует дополнительных капиталовложений и может служить дополнительным источником прибыли без какой-либо модернизации оборудования.

Ключевые слова: коньяк; коньячный дистиллят; шарантский аппарат; двойная сгонка.

Как цитировать эту статью:

Васылык А.В. Оптимизация технологии получения молодых коньячных дистиллятов с использованием математического моделирования // «Магарах». Виноградарство и виноделие, 2019; 21 (2). С. 162-167. DOI 10.35547/IM.2019.21.2.017

How to cite this article:

Vasylyk A.V. Technology optimization for the production of young brandy distillates based on mathematical modeling // Magarach. Viticulture and Winemaking, 2019; 21(2). – pp. 162-167. DOI 10.35547/IM.2019.21.2.017

УДК 663.241:66.048.001.57

Поступила 15.05.2019

Принята к публикации 16.05.2019

© Авторы, 2019

ORIGINAL ARTICLE

Technology optimization for the production of young brandy distillates based on mathematical modeling

Aleksandr Vasilievich Vasylyk

Federal State Budget Scientific Institution All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of RAS, 31 Kirova Street, 298600 Yalta, Republic of Crimea, Russia

The paper describes basic schemes for producing young brandy distillates on double distillation batch machines (charente type) traditionally used in domestic brandy production and by traditional French producers. Mathematical modelling was used to analyze and determine the output of brandy distillate with predetermined parameters and specific energy costs under the same initial conditions, but with different distillation options. We calculated quality parameters of the main resultant products and intermediate fractions during one distillation cycle, as well as during the long cycle sequence to estimate the effect of returned fraction heads and tails on the subsequent distillation process. The analysis established that brandy distillate production schemes traditionally used in the CIS countries and the MARTELL distillation method are less effective in terms of brandy distillate output and specific energy consumption as compared to the REMY MARTIN and HENNESSY cognac distillation method. It was established that control of the volume fraction of ethyl alcohol in the raw brandy alcohol by tail fraction takeoff during the first distillation is an effective way to control the distillation process, which affects the overall output of conditioned brandy distillate and specific energy costs. The maximum brandy distillate output and the minimum specific energy consumption during base wine distillation with volume fraction of ethyl alcohol at 10.5 % and brandy distillate production with volume fraction of ethyl alcohol at 70 % is achieved when the tail fraction takeoff begins with ethyl alcohol volume fraction in pairs (alcohol lamp) within the range of 14-16 %. It is demonstrated that production schemes used by various producers to obtain brandy spirits can be optimized, which would increase the output of brandy spirits by 2.4 % and reduce the specific energy costs by 5 %. Optimization of the cognac distillates production scheme does not require additional investment, and can serve as an additional profit source without any equipment upgrade.

Key words: brandy; brandy distillate; charente apparatus; double distillation.

Введение. Дистилляция вина с целью получения коньячного дистиллята - один из основных процессов коньячного производства, определяющий во многом качество и свойства будущего напитка. К настоящему времени общепризнанной технологией получения спирта для коньяков наивысшего качества является дистилляция на аппаратах двойной сгонки (шарантского типа). Классический дистилляционный аппарат шарантского типа, как правило, состоит из следующих элементов: перегонный куб, дефлегматор, паропровод «лебединая шея», преднагреватель, холодильник, сборники промежуточных фракций и основных продуктов. Способ нагрева перегонного куба - открытое пламя газовой горелки. Для получения

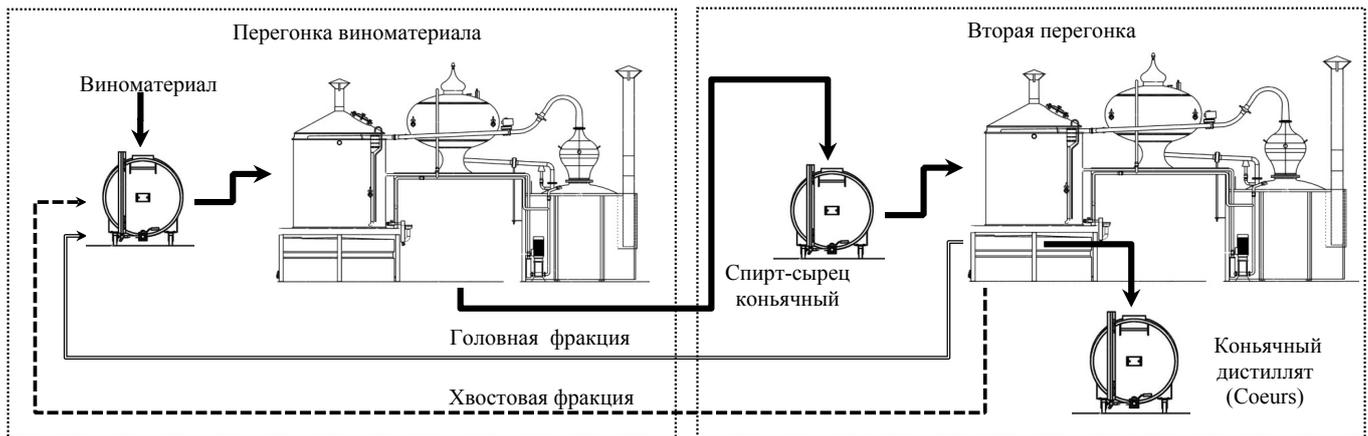


Рис. 1. Схема получения коньячного дистиллята в СНГ (далее по тексту Схема I)

Fig. 1. The scheme for brandy distillate production in the CIS (hereinafter Scheme I)

кондиционного коньячного дистиллята при применении этих аппаратов необходимо проведение двух перегонок: в результате первой получают промежуточный продукт - спирт-сырец коньячный (Brouillis), а при второй - молодой коньячный дистиллят (Coeurs, Eau-de-vie), используемый для дальнейшей выдержки [1-4].

Несмотря на кажущуюся простоту процесса, данная технология имеет множество вариантов и нюансов, способных оказывать влияние на состав и качество получаемых продуктов.

Согласно технологии, традиционно применяющейся на территории стран бывшего СССР, наибольшее распространение получила схема, при которой при первой перегонке виноматериала получают спирт-сырец коньячный с объемной долей спирта около 28-32 % (далее по тексту Схема I) [5]. При этом фракционирование дистиллята, как правило, не проводят и перегонку заканчивают при показании спиртомера в фонаре (парах дистиллята) около 0 % об. Затем, по мере накопления спирта-сырца коньячного, производят его вторую перегонку с отделением головной фракции (до 3 % от содержания безводного спирта), коньячного дистиллята с объемной долей этилового спирта 62-70 % и хвостовой фракции. Полученный коньячный дистиллят направляют на выдержку, а головная и хвостовая фракции возвращаются в исходный

виноматериал или спирт-сырец коньячный (рис. 1).

К недостаткам данной схемы можно отнести то, что кондиции получаемых продуктов напрямую зависят от свойств исходного сырья и в процессе дистилляции регулирование их состава возможно только в ограниченных пределах.

Во Франции технологические схемы получения коньячных дистиллятов имеют большее разнообразие, на протяжении длительного времени сложились схемы, традиционно применяемые различными коньячными домами, что позволяет получать продукцию, имеющую индивидуальность и свои специфические свойства.

На рис. 2 изображена схема, известная как метод MARTELL (далее по тексту Схема II). Как видно, данный метод достаточно близкий к Схеме I. Различия заключаются в дополнительном отборе головной фракции при первой перегонке виноматериала, а также выделении фракции вторичного спирта (Secondes) при второй перегонке (Bonne chauffe), которая по сути аналогична хвостовой фракции, выделяемой при Схеме I, и возврате головных фракций и вторичного спирта исключительно в виноматериал, идущий на перегонку.

Другие известные коньячные дома, такие как REMY MARTIN и HENNESSY используют более сложную схему, представленную на рис. 3 (далее по

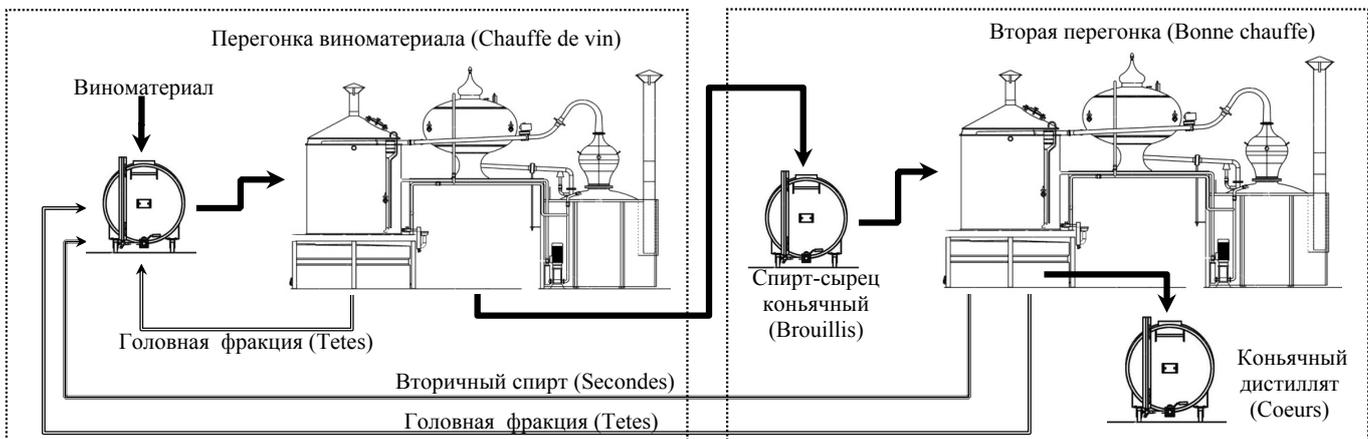


Рис. 2. Схема получения коньячного дистиллята MARTELL (далее по тексту Схема II)

Fig. 2. The MARTELL scheme for brandy distillate production (hereinafter referred to as Scheme II)

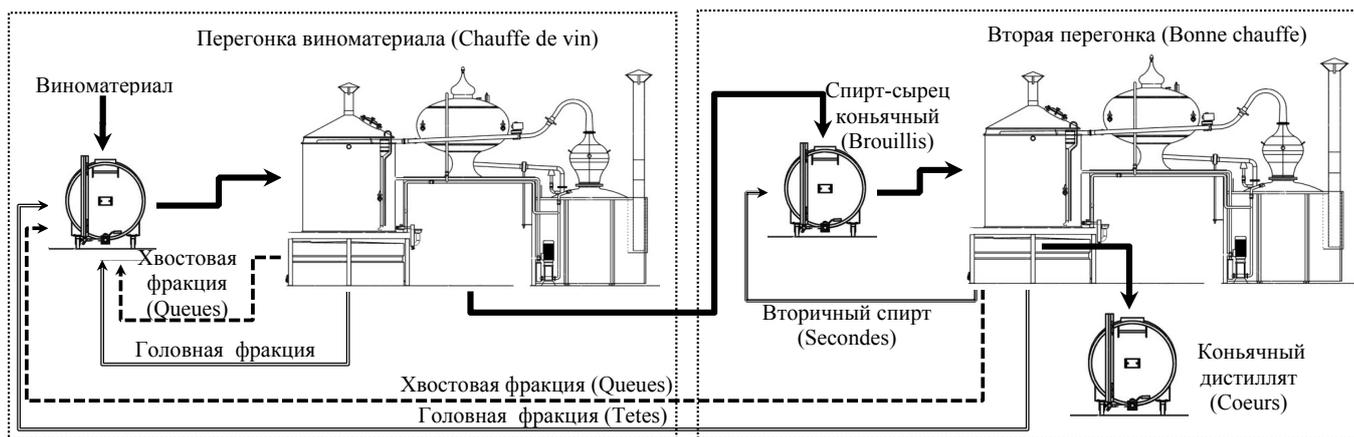


Рис. 3. Схема получения коньячного дистиллята REMY MARTIN, HENNESSY (далее по тексту Схема III)

Fig. 3. The REMY MARTIN, HENNESSY scheme for brandy distillate production (hereinafter referred to as Scheme III).

тексту Схема III), согласно которой при первой перегонке виноматериала производят выделение как головной фракции (Tetes), так и хвостовой (Queues), которые возвращают в виноматериал последующих перегонок. Полученный спирт-сырец коньячный (Brouillis) подвергают второй перегонке, где также происходит выделение головной фракции (Tetes), молодого коньячного дистиллята (Coeurs), «вторичного» спирта (Secondes) и хвостовой фракции (Queues). Головную и хвостовую фракции возвращают в виноматериал, а «вторичный» спирт - в спирт-сырец коньячный.

Использование данной схемы позволяет управлять объемной долей этилового спирта в продуктах дистилляции и в большей степени регулировать процесс ведения двойной перегонки. При этом фракционирование дистиллята, то есть момент перехода на отбор следующей фракции, наряду со скоростью ведения процесса, и составляют основное различие в технологии получения коньячных дистиллятов различными производителями. Эти параметры устанавливаются индивидуально и зависят от квалификации и опыта мастера, и качества исходного сырья. Например, при дистилляции по методу REMY MARTIN при использовании классического шарантского аппарата объемом 2500 л переход на отбор хвостовой фракции при первой перегонке виноматериала (Chauffe de

vin) обычно производят при показании спиртомера в спиртовом фонаре около 5 % об. При второй перегонке (Bonne chauffe) отбор коньячного дистиллята прекращают при объемной доле этилового спирта в спиртовом фонаре около 59 %, затем ведут отбор «вторичного» спирта (Secondes) до показаний около 8 % об, после чего отбирают хвостовую фракцию до окончания дистилляции (показания в спиртовом фонаре 1-2 %).

Целью данной работы является при помощи математического моделирования провести сравнение различных существующих схем получения коньячного спирта и фракционирования дистиллята с точки зрения эффективности по выходу коньячного дистиллята с заданными кондициями и удельных энергетических затрат, и на основании полученных данных оценить возможность оптимизации существующих технологий.

Объекты и методы исследований

Для решения данной задачи нами применялся метод математического моделирования перегонки с использованием формул фазового равновесия и простой перегонки [6], который ранее нами был апробирован и показал достаточно высокую эффективность [7]. Энергозатраты на проведение перегонок рассчитывались на основе тепло-физических характеристик исходных и конечных продуктов дистилляции [8].

Для моделирования процесса были приняты следующие исходные ус-

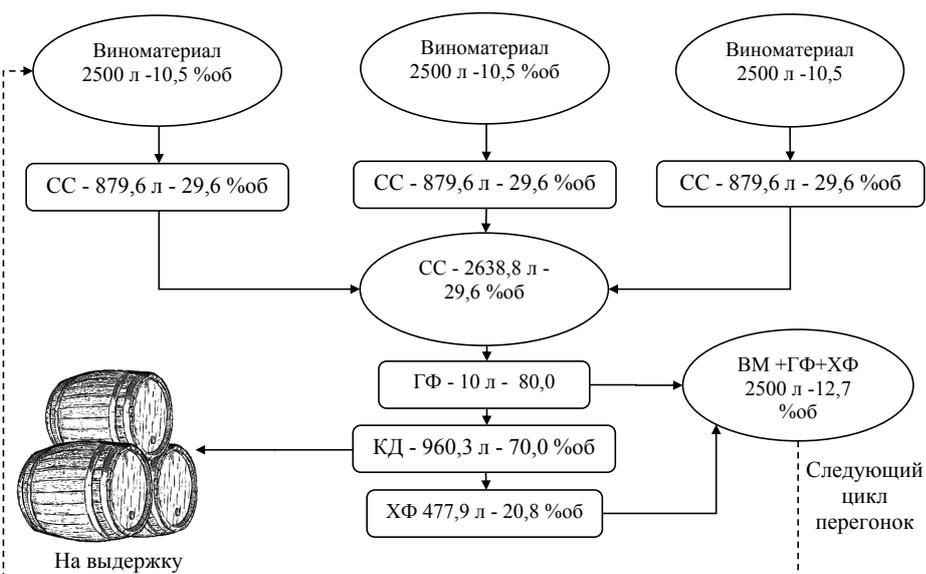


Рис. 4. Схема и кондиции получаемых фракций при двойной перегонке по Схеме I: ВМ-виноматериал; СС - спирт-сырец коньячный; ГФ - головная фракция; КД - коньячный дистиллят; ХФ - хвостовая фракция

Fig. 4. The scheme and quality parameters of the resultant fractions obtained after double distillation by Scheme I: BW - base wine; BRS - brandy raw spirit; HF-head fraction; BD - brandy distillate; TF - tail fraction

ловия: объемная доля спирта в виноматериале 10,5 %, объемная доля этилового спирта в получаемом коньячном дистилляте 70 %, объем полезной загрузки куба аппарата 2500 л.

Один цикл перегонки подразумевает 3 перегонки виноматериала (Chaufe de vin) с накоплением спирта-сырца коньячного, достаточного для загрузки в куб, и 1 перегонку спирта-сырца коньячного (Bonne chauffe) с получением кондиционного коньячного дистиллята и промежуточных фракций. Полученные промежуточные продукты возвращаются в перегонный куб и дополняются свежим виноматериалом до рабочего объема (2500 л). При отборе головной фракции из виноматериала, ее объем принимался равным 2 л, а при выделении из спирта-сырца коньячного - 10 л.

Результаты и обсуждение

Для наглядного представления о кондициях исходного сырья, получаемых фракций, их взаимосвязи и влиянии друг на друга полученные результаты представлены в виде блок-схем.

Из данных, представленных на рис. 4, видно, что при проведении дистилляции по Схеме I объемная доля этилового спирта в спирте-сырце коньячном составляет типичные 29,6 %, а в результате второй перегонки получают головную и хвостовую фракции с высоким содержанием этилового спирта, что приводит к укреплению виноматериала следующего цикла перегонки.

При анализе кондиций основных и промежуточных продуктов дистилляции по схеме II (рис. 5) видно, что выделение головной фракции при первой перегонке немного снижает объемную долю спирта в спирте-сырце коньячном и, соответственно, повышает ее в виноматериале последующих перегонки данного цикла, а выделенные

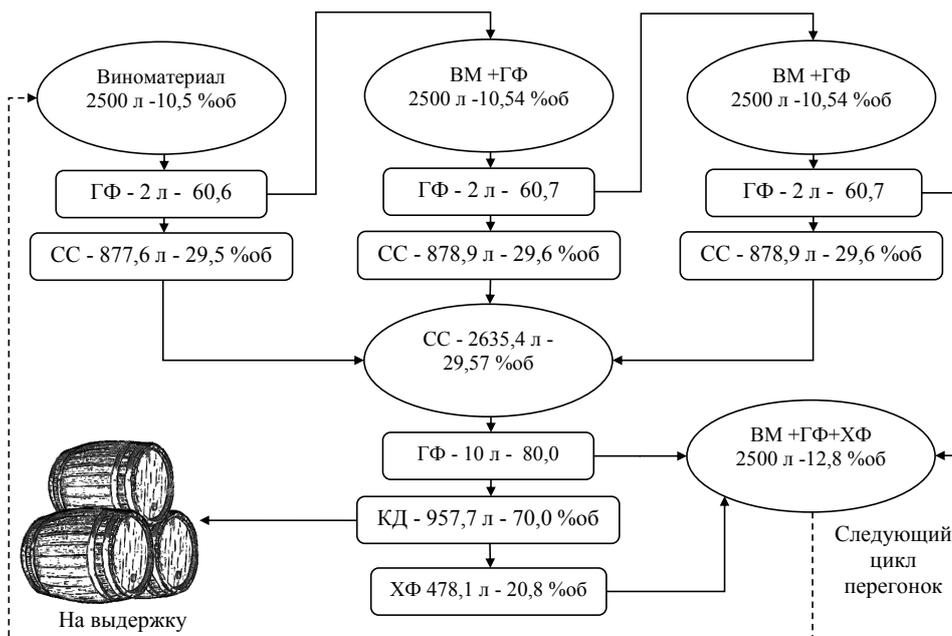


Рис. 5. Схема и кондиции получаемых фракций при двойной перегонке по Схеме II: ВМ-виноматериал; СС - спирт-сырец коньячный; ГФ - головная фракция; КД - коньячный дистиллят; ХФ - хвостовая фракция

Fig. 5. The scheme and quality parameters of the resultant fractions obtained after double distillation by Scheme II: BW - base wine; BRS - brandy raw spirit; HF-head fraction; BD - brandy distillate; TF - tail fraction

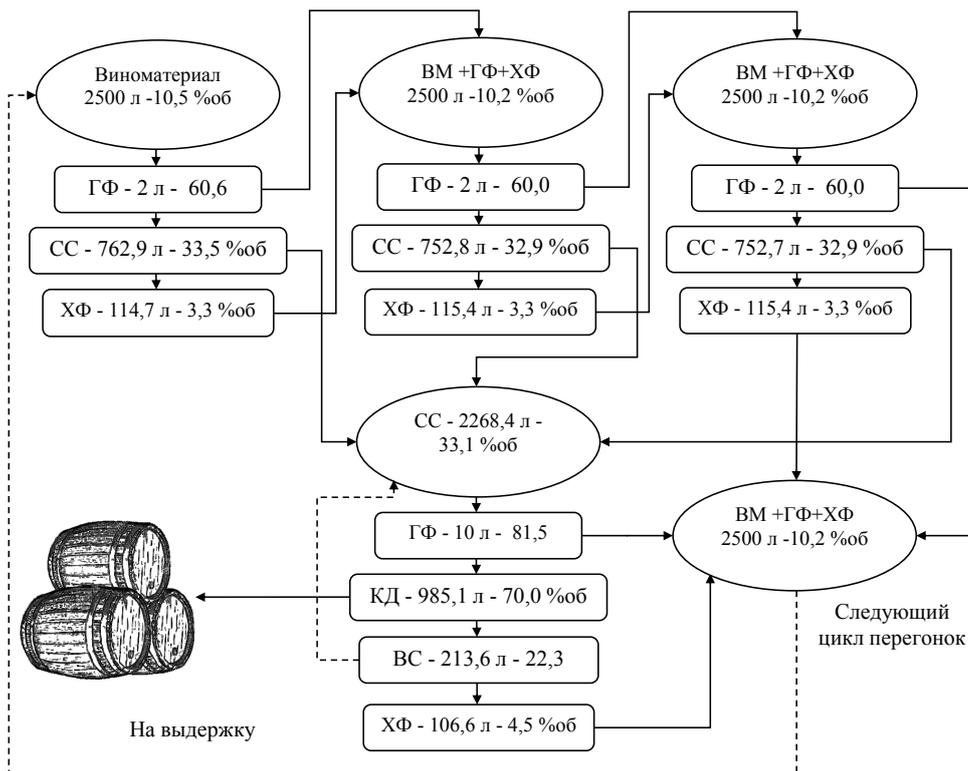


Рис. 6. Схема и кондиции получаемых фракций при двойной перегонке по Схеме III: ВМ-виноматериал; СС - спирт-сырец коньячный; ГФ - головная фракция; КД - коньячный дистиллят; ВС - «вторичный» спирт; ХФ - хвостовая фракция

Fig. 6. The scheme and quality parameters of the resultant fractions obtained after double distillation by Scheme III: BW - base wine; BRS - brandy raw spirit; HF-head fraction; BD - brandy distillate, SS - secondary spirit, TF - tail fraction

головная и хвостовая фракции при второй перегонке способствуют увеличению объемной доли спирта в виноматериале следующего цикла.

Анализ данных, представленных на рис. 6, показывает, что отбор хвостовой фракции при перегонке виноматериала по Схеме III, при объемной доле спирта в спиртовом фляке около 5 %, способствует повышению объемной доли спирта в спирте-сырце коньячном до 33,1 % при снижении его объема,

в сравнении с предыдущими схемами перегонки. В результате второй перегонки выделяется хвостовая фракция с довольно низкой объемной долей этилового спирта - около 4,5 %, что приводит к снижению объемной доли спирта в виноматериале последующих циклов дистилляции.

Обобщив данные, представленные на рис. 4-6, можно увидеть, что объем полученного коньячного дистиллята за 1 цикл в зависимости от схемы и фракционирования может колебаться в значительных пределах - 957-985 л. Однако по одному циклу невозможно оценить реальную эффективность той или иной схемы, поскольку:

- во первых, за счет различного объема возвращаемых фракций количество исходного виноматериала, подвергнувшегося дистилляции, будет различным для каждой схемы;

- во вторых, возвращаемые фракции, в зависимости от схемы, значительно отличаются по объему и по объемной доле этилового спирта (4,5-21 %), что, в свою очередь, влияет на объем виноматериала и содержание в нем спирта последующих перегонки (разбавление или укрепление).

В связи с изложенным, для учета указанных факторов нами были проведены расчеты дистилляций по указанным схемам, которые включали в себя по 4 полных цикла (всего 12 перегонки виноматериала и 4 перегонки спирта-сырца коньячного). При этом определялся удельный выход коньячного дистиллята, в % от исходного содержания безводного спирта в виноматериале, и распределение спирта по другим фракциям. Кроме этого, рассчитывались энергозатраты по каждой дистилляции и определялись удельные энергозатраты на 1 л получаемого коньячного дистиллята.

Из данных, представленных на рис. 7, видно, что наиболее эффективной является Схема III. При этом увеличение выхода коньячного дистиллята составляет около 0,5%, а удельные энергозатраты снижаются на 3 %. Таким образом, увеличение объемной доли этилового спирта в спирте-сырце коньячном за счет отбора хвостовой фракции при первой перегонке виноматериала хотя и приводит к уменьшению объема спирта-сырца, но в конечном итоге позволяет получить больший выход коньячного дистиллята при второй перегонке.

Как было сказано выше, традиционно при перегонке вина по схеме III, французские производители отбор хвостовой фракции начинают осуществлять при концентрации этилового спирта в парах (спиртовом фанаре) около 5 % об. В связи с этим, представляет интерес как будут меняться исследуемые

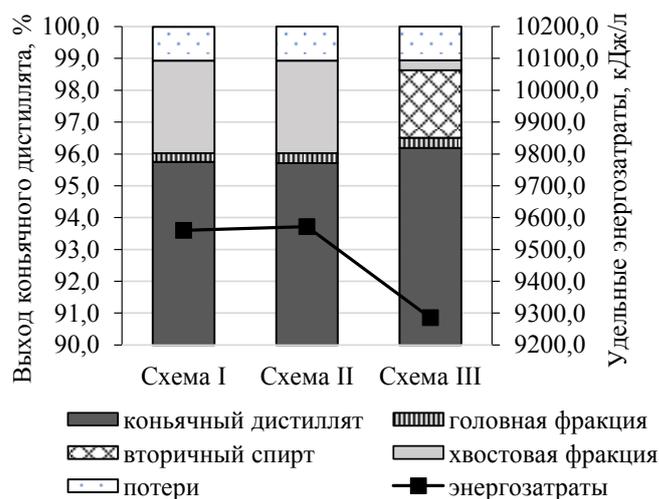


Рис. 7. Распределение безводного спирта по фракциям и удельные энергозатраты при получении коньячных дистиллятов по различным схемам

Fig. 7. Ethanol distribution by fractions and specific energy consumption during brandy distillate production by various schemes

параметры при других условиях отбора хвостовой фракции, например, при увеличении объемной доли спирта в фанаре в момент начала отбора и до каких пределов целесообразно увеличивать этот показатель.

Нами был проведен расчет процесса 4 полных циклов дистилляции по схеме III, при этом отбор хвостовой фракции осуществлялся в диапазоне объемной доли этилового спирта в фанаре от 2 до 24 % об. с шагом 1 %. Также одновременно производился расчет удельных энергозатрат.

Как видно из представленных данных на рис. 8, по мере увеличения объемной доли спирта в фанаре в момент перехода на отбор хвостовой фракции при перегонке виноматериала, увеличивается выход коньячного дистиллята, вплоть до концентраций в фанаре 14-18 % об., а затем начинается постепенное снижение. Удельные энергозатраты также снижаются до показаний в фанаре 14-15 % об., а затем снова увеличиваются. При этом максимальный прирост выхода коньячного дистиллята составляет около 2,4 %, сни-

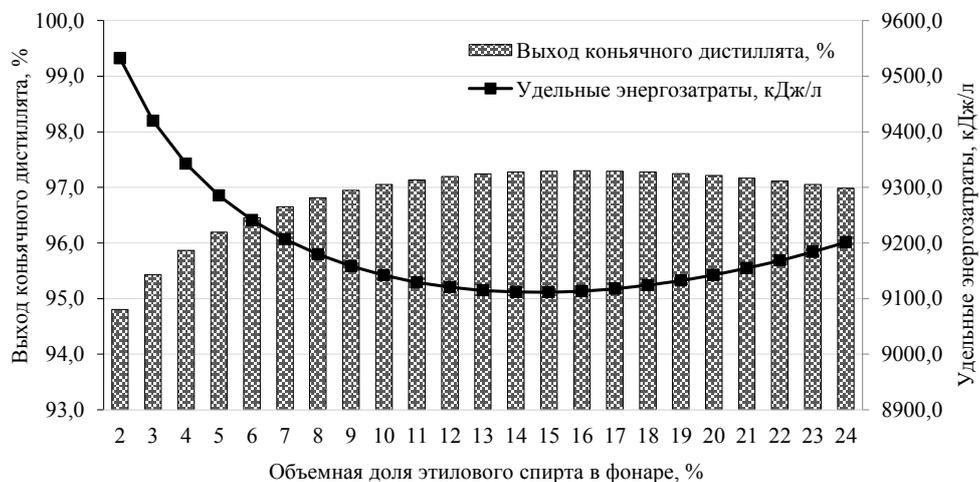


Рис. 8. Взаимосвязь между выходом коньячного дистиллята и удельными энергозатратами в зависимости от параметров отбора хвостовой фракции при дистилляции виноматериала

Fig. 8. The relationship between the output of cognac distillate and specific energy consumption depending on the tail fraction takeoff parameters during base wine distillation

жение энергетических затрат до 5 %. Если сравнивать с традиционной Схемой III (начало отбора хвостовой фракции при 5 % об. в фонаре), то выход коньячного дистиллята увеличивается на 1,1 %, а энергозатраты снижаются на 2 %. В масштабах предприятия и в целом отрасли это обеспечивает получение существенной дополнительной прибыли.

Выводы. В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что с точки зрения выхода коньячного дистиллята и затрат тепла на перегонку, существующие схемы получения коньячных дистиллятов могут быть оптимизированы, что позволит получить экономический эффект без каких-либо капитальных вложений и модернизации оборудования. Однако следует отметить, что при изменении схемы перегонки значительно меняются условия перехода примесей в дистиллят и распределение их по фракциям [9-14], что в свою очередь может отразиться на характеристиках конечного продукта - коньячного дистиллята. В связи с этим, изучение химического состава и качества коньячных дистиллятов, полученных по оптимизированным схемам в реальных условиях, будет продолжением данной работы.

Источники финансирования

Работа выполнена в рамках Государственного задания №0833-2019-0012.

Financing source

The study was conducted under public assignment №0833-2019-0012.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы / References

- Lafon, J., Coulland, P. and Gaybellile, F. (1973a). Le Cognac; Sa Distillation, 5th ed. J.B. Bailliere (ed.), et Fils, Paris.
- Dhiman, Anju & Attri, Surekha. (2011). Production of Brandy. Handbook of Enology: Principles, Practices and Recent Innovations Volume III, Edition: first, Chapter: Production of Brandy, Publisher: Asiatech Publisher, INC. New Delhi, Editors: Prof. V K Joshi, pp.60.
- La distillation charentaise pour lobtention des eaux-de-vie de cognac // Pays Cognac. - 1993. - № 135. - P. 1, V-XII. - Фр.
- Leaute, R. (1990). Distillation in Alambic. Am. J. Enol. Vitic., 41: 90.
- Сборник технологических инструкций, правил и нормативных материалов по винодельческой промышленности / Под ред. Г.Г. Валушко. М.: Агропромиздат, 1985. 512 с.
- Sbomik tekhnologicheskikh instruktsiy, pravil i normativnykh materialov po vinodel'cheskoy promysblennosti* [A collection of standard operation procedures, rules and regulations on wine industry], edited by G.G. Valuyko. M.: Agropromizdat Publ., 1985. 512 p. (in Russian)

- Фалькович Ю.Е. О некоторых показателях перегонки водно-спиртовых смесей // Труды ВНИИВиВ "Магарах". 1957. Т. 5. С. 43-53.
- Fal'kovich Yu.Ye. *O nekotorykh pokazatelyakh peregonki vodno-spirovnykh smesey* // Trudy VNIIViV "Magarach". 1957. Vol. 5. pp. 43-53.
- Сачаво М.С., Васильяк А.В. Усовершенствованная схема получения коньячного спирта на аппаратах двойной сгонки // «Магарах». Виноградарство и виноделие. 2002. № 1. С. 17-21.
- Sachavo M.S., Vasylyk A.V. *Usovershenstvovannaya skbema polucheniya kon'yachnogo spirta na apparatakh dvoynoy sgonki* [An Improved Scheme to Produce Brandy Spirits by Use of Double Distillation Installations] // "Magarach". *Vinogradarstvo i vinodeliye* [Magarach. Viticulture and Winemaking]. 2002. № 1. pp. 17-21. (in Russian).
- Шейн А.Е. Дистилляционные установки коньячного производства. Исследование процесса и разработка аппаратов. М: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 57 с.
- Sheyn A.Ye. *Distillyatsionnyye ustanovki kon'yachnogo proizvodstva. Issledovaniye protsessa i razrabotka apparatov*. M: Legkaya i pishchevaya promysblennost', 1982. 57 p.
- Скурихин И.М. Химия коньяка и бренди. М.: Дели Принт, 2005. 296 с.
- Skurihin I.M. *Himiya kon'aka i brendi* [The chemistry of cognac and brandy production]. M.: Deli Print, 2005. 296 p. (in Russian).
- Мартыненко Э.Я. Технология коньяка. Симферополь: Таврида, 2003. 320 с.
- Martynenko E.Ya. *Tekhnologiya konyaka* [Brandy technology]. Simferopol: Tavrida Publ., 2003. 320 p. (in Russian)
- Малтабар В.М., Ферман Г.И. Технология коньяка. М: Пищевая промышленность, 1971. 344 с.
- Maltabar V.M., Ferman G.I. *Tekhnologiya kon'yaka*. M: Pishchevaya promysblennost', 1971. 344 p.
- Сачаво М.С., Васильяк А.В., Простак М.Н. Усовершенствование технологии производства коньячных спиртов с целью одновременного получения коньячных спиртов для ординарных и марочных коньяков // Виноградарство и виноделие: сб. науч. тр. 2005. Т. 35. С. 99-101.
- Sachavo M.S., Vasylyk A.V., Prostack M.N. *Usovershenstvovaniye tekhnologii proizvodstva kon'yachnykh spirtov s isel'yu odnovremennogo polucheniya kon'yachnykh spirtov dlya ordinarnykh i marochnykh konyakov* [An Improved Technology of Cognac Spirit Production With A View Of The Simultaneous Obtaining Of Materials To Be Made into Ordinary And quality Brandy] // *Vinogradarstvo i vinodeliye* [Viticulture and Winemaking]. 2005. Vol. 35. pp. 99-101 (in Russian).
- Сачаво М.С., Васильяк А.В., Простак М.Н. Рациональное выделение и использование головных фракций при получении коньячных спиртов // «Магарах». Виноградарство и виноделие. 2000. № 4. С. 19-22.
- Sachavo M.S., Vasylyk A.V., Prostack M.N. *Rational Removal And Use Of Heads In View To Produse Brandy Distillaties* // "Magarach". *Vinogradarstvo i vinodeliye* [Magarach. Viticulture and Winemaking]. 2000. № 4. pp. 19-22. (in Russian).
- Хиабахов Т.С. Основы технологии коньячного производства России. - Новочеркасск, 2001. 159 с.
- Hiabahov T.S. *Osnovy tekhnologii kon'yachnogo proizvodstva Rossii* [The basics of brandy production technology in Russia]. Novocherkassk, 2001. 159 p. (in Russian).