

УДК 664.1

Поступила в редакцию 30.01.2025
Received 30.01.2025**О. К. Никулина***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***НАУЧНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ РАЗВИТИЯ САХАРНОЙ ОТРАСЛИ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Аннотация. Анализ развития сахарной отрасли показал, что повышение эффективности работы предприятий возможно как за счет развития техники, так и за счет совершенствования технологии. Однако даже при достижении предприятием максимально возможной производительности и применении, казалось бы, совершенных технологических схем, всегда есть процессы или операции, которые необходимо усовершенствовать, поэтому научное сопровождение является неотделимой частью отрасли и способствует ее развитию.

Оптимизацию сахарного производства можно рассматривать по двум основным направлениям: совершенствование применяемых технологических процессов, что позволяет снизить потери сахара в производстве и при хранении сахарной свеклы, и внедрение новых технологий и процессов.

В статье представлен анализ производственных показателей по отрасли, а также результаты теоретических и практических исследований, внедренные в производственную практику сахарных предприятий Республики Беларусь.

Ключевые слова: сахарная отрасль, производство сахара, технологический процесс, сахарная свекла, производственная мощность, научное сопровождение.

O. K. Nikulina*RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus***SCIENTIFIC SUPPORT FOR THE DEVELOPMENT OF THE SUGAR
INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

Abstract. An analysis of the sugar industry development showed that increasing the efficiency of enterprises is possible either with development and improvement of the technology. Even when the enterprise achieves the highest possible efficiency and apply advanced technological schemes processes always require optimization. Therefore scientific support is an inseparable part of the industry that contributes to its development.

Optimization of sugar production can be considered in two main areas: improvement of the applied technological processes, which allows reducing sugar losses in the production and storage of sugar beets, and the introduction of new technologies and processes.

The article presents an analysis of production indicators for the industry, as well as the results of theoretical and practical research introduced into the production practice of sugar enterprises in the Republic of Belarus.

Keywords: sugar industry, sugar production, technological process, sugar beets, production capacity, scientific support.

Введение. Сахарная отрасль Республики Беларусь представлена четырьмя предприятиями: Скидельский сахарный комбинат, Городейский сахарный комбинат, Жабинковский сахарный завод и Слуцкий сахарорафинадный комбинат.

15 марта 1951 г. был принят в эксплуатацию первый белорусский сахарный завод (Скидельский сахарный комбинат), в производственный сезон был получен первый белорусский сахар в количестве 2445,9 т при плане 5,0 тыс. т. В 1954 г. завод освоил проектную мощность, а в 1993 г. на комбинате, по завершении реконструкции, мощность увеличена до 3 тыс. т.

переработки свеклы в сутки (до 500 т. сахара в сутки). После более целенаправленной реконструкции в сезон переработки 2004 г. завод перерабатывал около 5 тыс. т. свеклы в сутки. Сезон переработки сахарной свеклы урожая 2006 года завод закончил со среднесуточной производительностью 4,61 тыс. т., сезон переработки сахарной свеклы урожая 2023 года — 7,90 тыс. т. в сутки от начала [1, 2].

Второй в республике сахарный завод — Городейский сахарный комбинат — произвел свой первый сахар 26 декабря 1959 г. с освоением первоначальной проектной мощности 1500 т. переработки свеклы в сутки, а в 1975 году набрал проектную мощность 2000–2200 т. переработки сахарной свеклы в сутки. В результате проведенной в 2000 году реконструкции отдельных участков завода мощность была доведена до 4 000 т. переработки сахарной свеклы в сутки. В 2002 году проведена широкомасштабная модернизация производства. Сезон переработки сахарной свеклы урожая 2006 года завод закончил со среднесуточной производительностью 7,05 тыс. т., сезон переработки сахарной свеклы урожая 2023 года — 9,51 тыс. т. в сутки от начала [1, 2].

В 1963 году начал работу Жабинковский сахарный завод с проектной мощностью 3 тыс. т. переработки свеклы в сутки, которой он достиг за 5 лет. В результате постоянного проведения реконструкции и усовершенствования технологических процессов в сезон переработки сахарной свеклы урожая 2006 года завод достиг среднесуточной производительности 6,45 тыс. т., в сезон переработки сахарной свеклы урожая 2023 года — 9,80 тыс. т. в сутки от начала [1, 2].

Пуск самого «нового» сахарного завода Беларуси — Слуцкого сахарорафинадного комбината с проектной мощностью 3 тыс. т. переработки свеклы в сутки состоялся в декабре 1965 года. Проектную мощность он набирал 7 лет, но в результате проведенных модернизаций и реконструкций оборудования на 1 января 2023 году он имел самую большую производственную мощность (10 тыс. т. в сутки). Сезон переработки сахарной свеклы урожая 2006 года завод закончил со среднесуточной производительностью 6,77 тыс. т., сезон переработки сахарной свеклы урожая 2023 года — 11,99 тыс. т. в сутки от начала [1, 2].

В 2001 году перед производителями сахарной свеклы и сахарными заводами была поставлена задача полностью обеспечить страну сахаром из отечественного сырья — сахарной свеклы. Для этого было необходимо увеличить объемы производства сырья и нарастить производственные мощности заводов. За период 2001–2004 г.г. прирост общей производственной мощности по переработке сахарной свеклы составил 8,7 тыс. т. в сутки, производство сахара увеличилось со 180,3 тыс. т. в 2001 г. до 299 тыс. т. в 2004 г. [3]

Развитие сахарных организаций Республики Беларусь с 2005 года осуществлялось в соответствии с Программой развития сахарной промышленности на 2005–2010 г.г., реализация которой позволила обеспечить прирост производственной мощности до 28 тыс. т в сутки на 01.01.2011 г. Начиная с 2005 года потребность страны в белом сахаре (350–360 тыс. т. в год), вырабатываемом из сахарной свеклы, удовлетворяется полностью [3].

В ходе реализации трех Государственных программ развития сахарной промышленности Республики Беларусь (на 2003–2004 гг., 2005–2010 гг. и 2011–2015 гг.), а также Государственной программы развития аграрного бизнеса на 2016–2020 гг., проведены широкомасштабная модернизация и реконструкция производства сахарных комбинатов. Произошло существенное наращивание производственных мощностей, кардинально изменился производственно-технологический облик по всем технологическим стадиям производства и хранения белого сахара, а также по приемке свекловичного сырья.

Результаты исследований и их обсуждение. Вместе с тем происходило постоянное наращивание производственных мощностей сахарных предприятий с 23,8 тыс. т. переработки сахарной свеклы в сутки в 2006 году, до 38,2 тыс. т. переработки сахарной свеклы в сутки на 1 января 2022 года [3].

Динамика прироста производственных мощностей сахарных предприятий Республики Беларусь, а также сахарной отрасли Российской Федерации как наиболее мощной в ЕАЭС и влияющей на развитие белорусской сахарной отрасли, в период с 1995 г. по 2023 г. представлена на рис. 1 [2–5].

Из рис. 1 видно, что за весь анализируемый период в сахарной отрасли Республики Беларусь идет плавное наращивание производственных мощностей (с 10,2 до 37,0 тыс. т. переработки сахарной свеклы в сутки). В данный период такими же темпами, хоть и другими объемами, наращивались производственные мощности сахарной отрасли Российской Федерации.

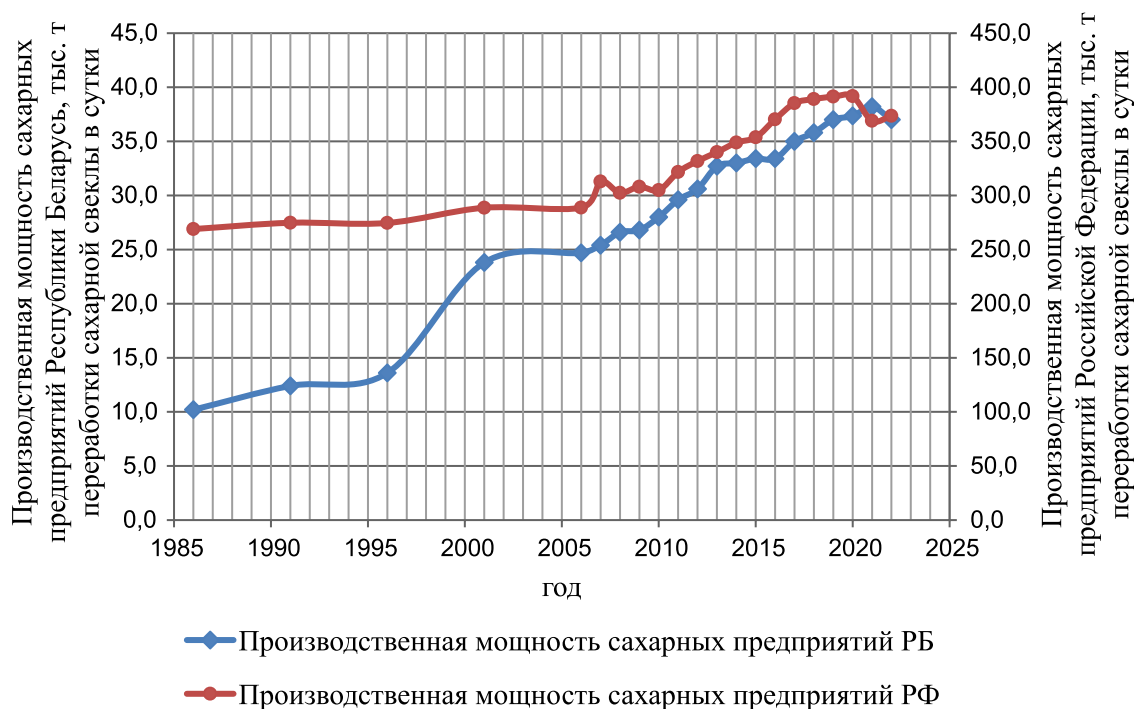


Рис. 1. Динамика прироста производственных мощностей сахарных предприятий
Fig. 1. Dynamics of growth in production capacity of sugar enterprises

Из рис. 1 также видно, что с 2017 г. в Российской Федерации и с 2019 г. в Республике Беларусь наращивание производственных мощностей сахарных предприятий прекращается. Для оценки зависимости объема производства сахара от производственной мощности сахарных предприятий приведен график, представленный на рис. 2 [2–5].

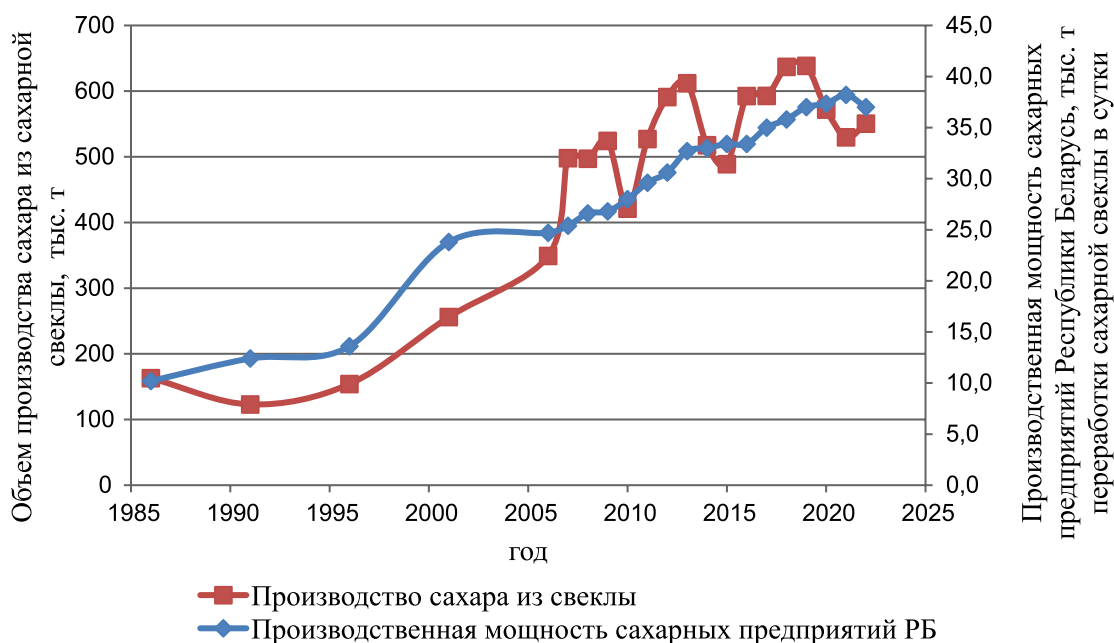


Рис. 2. Объем производства сахара в зависимости от производственных мощностей сахарных предприятий
Fig. 2. Volume of sugar production depending on the production capacity of sugar enterprises

Из графика на рис. 2 видна общая тенденция увеличения объема производства сахара при росте производственных мощностей сахарных предприятий, однако также четко видно на-

личие других влияющих факторов. Построенная по приведенным данным корреляционная зависимость будет иметь вид $y = 17,95x - 48,5$ с коэффициентом детерминации $RI = 0,835$.

При этом корреляционная зависимость между объемами заготовки сахарной свеклы и производством сахара будет иметь вид $y = 6,9x + 321,4$ с коэффициентом детерминации $RI = 0,92$. Однако объемы заготовки сахарной свеклы всегда будут сильно ограничены обеспеченностью площадями для ее посева.

Кроме наличия плодородных земель под сахарную свеклу и соблюдения технологии ее возделывания, существует проблема правильной приемки, оценки качества и обеспечения сохранности заготовленного сырья. Исходя из анализа многолетних статистических данных [2–5], разрыв между объемом заготовленной и переработанной свеклы составляет от 0,4% к объему заготовки (в 2020 г.) до 17,2% (в аномальном 2006 г.), но учитывая, что объем переработки рассчитывается за календарный год, в среднем за анализируемый период (с 1990 по 2022 гг.) эта разница составит 4%. При среднеарифметическом показателе сахаристости свеклы 16,5% к массе свеклы и заготовке сырья в количестве 4 млн. т. расчетные потери сахара с сырьем составляют 26,4 тыс. т. сахара (за период 2018–2022 гг. разница составила 1,23% или 8,1 тыс. т. сахара).

Из приведенных данных очевидно, что объем производства сахара можно увеличить без дополнительных площадей под посадку сахарной свеклы, оптимизировав приемку, условия хранения заготовленного сырья и оценку его качества.

В табл. 1 приведены показатели заготовки сахарной свеклы и суммарные мощности сахарных заводов государств-членов ЕАЭС, а также производство и потребление сахара Евразийским экономическим союзом за период с 2015 по 2022 гг. [2,4]. На основании данных таблицы определяется слабая корреляционная зависимость между площадью посева и объемами заготовок сахарной свеклы, что говорит как о большом влиянии на урожай погодных-климатических условий, так и о существующих организационных недостатках заготовки сырья.

Таблица 1. Показатели работы сахарных отраслей и балансе сахара Евразийского экономического союза
Table 1. Performance indicators of the sugar industries and the sugar balance of the Eurasian Economic Union

Показатели	Год							
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Объемы заготовок свеклы, тыс. т.	38510	52568	53292	45021	57513	36562	42617	49125
Площадь посева, тыс. га	1135	1231	1334	1262	1269	1040	1115	1142
Мощность сахарных предприятий, тыс. т. в сут.	415,6	396,6	448,6	442,4	443	443,1	423,0	424,6
Производство сахара, тыс. т.:								
из сахарной свеклы	6688	7136	7791	7187	8185	6545	6373	7051
из сахара-сырца	5657	6443	7327	6969	8000	6419	6165	6504
	1031	693	464*	218**	185**	126**	208**	547***
Потребление сахара, тыс. т	6426	6726	6789	6793	6955	6930	6813	6885
Разница между производством и потреблением сахара, тыс. т	262	410	1002	394	1230	-385	-440	166

* — РФ не перерабатывает сахар-сырец

** — РФ и РБ не перерабатывает сахар-сырец

*** — РБ не перерабатывает сахар-сырец

На основании данных табл. 1 можно сделать вывод, что разница между производством и потреблением сахара в ЕАЭС не является стабильной величиной и за 8-летний период характеризуется как профицитом, так и дефицитом сахара в зависимости от года.

Переработка тростникового сахара-сырца, ввозимого по импорту, также увеличивает объем производства белого сахара, однако ввоз данного сырья осуществляется согласно режиму импорта сахара-сырца в государствах-членах ЕАЭС и облагается пошлинами. Как видно из табл. 1, в связи с перепроизводством сахара, прекращается ввоз и переработка тростникового сахара-сырца в 2017 г. в Российской Федерации, а в 2018 г. и в Республике Беларусь [2,4].

Перепроизводство в странах-участниках ЕАЭС сахара существенно влияет на рынок всех стран СНГ, формируя конъюнктуру цен, убыточных для белорусских производителей.

Так как само обеспечения сахаром Республика Беларусь достигла еще в 2005 г., повышение экономической эффективности сахарной отрасли страны обусловлено в первую очередь

ее экспортным потенциалом, что влечет за собой необходимость снижения себестоимости сахара за счет повышения эффективности его получения (удешевления производства).

Наиболее показательной характеристикой эффективности применяемой технологии получения сахара от приемки сырья до получения готовой продукции является разрыв между сахаристостью при приемке сырья и выходом сахара, так как характеризует суммарные потери на всех технологических этапах. Чем меньше разрыв между сахаристостью сырья и количеством готовой продукции, тем эффективнее организованы хранение и переработка сахарной свеклы. На рис. 3 представлена динамика изменения данной характеристики в Республике Беларусь и в Российской Федерации начиная с 1985 года [2-5].

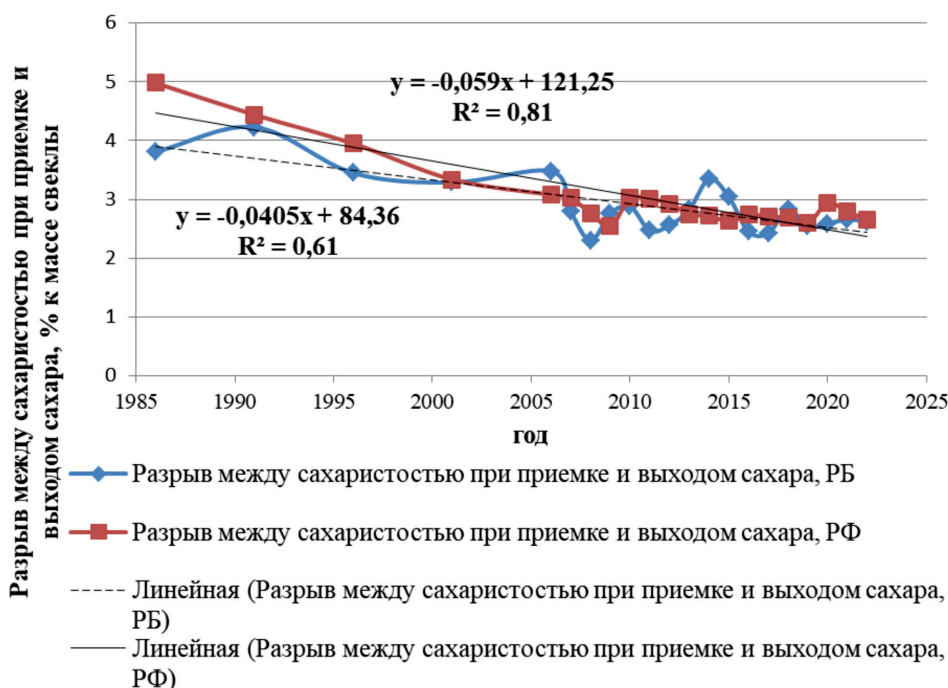


Рис. 3. Динамика изменения показателя «Разрыв между сахаристостью при приемке сырья и выходом сахара» в РФ и РБ за 1985-2023 гг.

Fig.3. Dynamics of changes in the indicator "The gap between the sugar content when receiving raw materials and the yield of sugar" in the Russian Federation and the Republic of Belarus for 1985-2023.

Из рис. 3 видно, что с развитием технологии получения сахара, суммарные его потери от приемки сырья до получения готовой продукции «в мешок» снижаются, и если в Российской Федерации наблюдается достаточно ровное снижение указанного показателя в течение всего исследуемого периода развития отрасли и наращивания производственных мощностей, то для Республики Беларусь наблюдается влияние других факторов, которые, очевидно, требуют анализа и корректировки.

Наиболее активно развитие отрасли происходило, начиная с 2005 года, в это же время появилась необходимость осуществления научного сопровождения сахарной отрасли. С 2006 г. начала свое формирование, а с 2007 г. функционирование, научно-исследовательская лаборатория сахарного производства на базе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», была начата работа по разработке и актуализации нормативной, научно-технической и методологической баз для сахарной отрасли.

С выходом Республики Беларусь на самообеспечение сахаром и появлением необходимости рассмотрения вопроса его экспорта выяснилось, что достаточно остро стоит проблема гармонизации отечественных ТНПА с международными и европейскими стандартами. Возможность экспорта отечественной продукции представлялась только в том случае, если белорусский сахар сможет конкурировать на одном уровне с продукцией мировых сахаропроизводящих стран, что вызвало необходимость повышения качества белорусского сахара и методов его контроля.

Требования к качеству сахара регламентировались ГОСТ 21-94 Сахар-песок. Технические условия и ГОСТ 22-94 Сахар-рафинад. Технические условия. Проведенный сравнительный анализ ТНПА Республики Беларусь и стандартов национальных Российской Федерации,

Украины, межгосударственных и международных на методы испытания сахара [6] показал, что требования к качеству сахара в Республике Беларусь значительно ниже, чем европейские и международные.

Сахарным заводам приходилось использовать два уровня требований к качеству готовой продукции: первый — отечественные требования (в большинстве случаев); второй — международные требования (при выдвигании продукции на экспорт, поставке сахара потребителям, выставляющим дополнительные или специальные требования). Уровни этих требований имели существенные различия. Гармонизация ТНПА Беларуси с международными требованиями в сахарной отрасли практически означала бы постепенный переход к принятым в мире требованиям к качеству сахара и методам его оценки. При этом технический уровень отечественной промышленности, благодаря повышенным требованиям к качеству готового продукта, предполагалось, что будет возрастать. Ожидалось, что результатом станет высокое качество белого сахара, соответствующее мировым стандартам, расширится экспортный потенциал сахара.

Для осуществления вышеизложенного необходимо было пересмотреть техническое регулирование качества белого сахара с целью его гармонизации с международными стандартами. Также требовали пересмотра ТНПА на сырье и побочную продукцию сахарного производства, а также применяемую в отрасли терминологию.

Научно-исследовательской лабораторией сахарного производства были разработаны национальные стандарты и изменения к ним, а также межгосударственные стандарты:

- ♦ СТБ 2086-2010 Сахар белый. Технические условия;
- ♦ СТБ 1882-2008 Сахар-сырец. Технические условия;
- ♦ СТБ 1893-2008 Свекла сахарная. Технические условия;
- ♦ СТБ 2084-2010 Меласса свекловичная. Технические условия;
- ♦ СТБ 2053-2010 Жом сушеный. Технические условия;
- ♦ СТБ 2388-2014 Производство сахарное. Термины и определения;
- ♦ ГОСТ 33222-2015 Сахар белый. Технические условия;
- ♦ ГОСТ 34874-2022 Жом сушеный. Технические условия;
- ♦ ГОСТ 12575-2024 Сахар. Методы определения редуцирующих веществ;
- ♦ ГОСТ 12570-2024 Сахар. Методы определения влаги и сухих веществ.

Разработанные национальные и межгосударственные стандарты на сырье и продукцию сахарного производства, гармонизированные с Европейскими, мировыми стандартами и стандартами Российской Федерации позволяют соблюдать надлежащее качество сахарной продукции и сырья.

С целью обеспечения надлежащего хранения выращенной и убранной сахарной свеклы был разработан и внедрен в сырьевых службах сахарных заводов технологический регламент «Приемка и хранение сахарной свеклы» [7]. В регламенте нашли отражение отраслевые рекомендации и методические указания по организации уборки, вывозки, приемки и хранения сахарной свеклы. В соответствии с регламентом [7] научно-исследовательской лабораторией сахарного производства производилось предуборочное обследование плантаций сахарной свеклы с оценкой технологического качества урожая (бюллетени технологического качества сахарной свеклы) текущего года, в который осуществлялись работы, с подготовкой рекомендаций по оптимизации переработки такого сырья.

С целью нормирования и минимизации технологических потерь массы свеклы и сахарозы в технологическом потоке от приемки свеклы до получения готовой продукции, содержания сахара в мелассе, были разработаны предельно допустимые величины технологических потерь и инструкция по расчету нормативов технологических потерь массы сахарной свеклы и сахарозы [8], предназначенные для использования работниками сахарных предприятий.

Были проведены исследования хранения сахарной свеклы на при заводских свеклопунктах с использованием биологически активных веществ, укрывочных материалов [9-11], с разработкой технического регламента по их применению [12].

Оснащение сырьевых лабораторий сахарных предприятий аналитическими системами «Бетализер» расширило возможности предприятий для комплексной оценки и прогнозирования качества сырья. Наличие системы дало возможность определять кроме традиционной сахаристости, такие показатели как содержание калия и натрия (сильных мелассообразователей), а также α -аминного азота, которые влияют на сохранность и переработку сахарной свеклы, выход готовой продукции. По полученным показателям компьютерная программа рассчитывает коэффициент щелочности, содержание сахара в мелассе, выход сахара и коэффициент извлечения сахарозы, что позволяет быстро и адекватно дать оценку технологического качества сырья при его приемке.

При этом в расчетах использованы Брауншвейгские формулы [13–15], применяемые в Европе и рассчитанные для европейского сырья. Использование для переработки на сахар в Республике Беларусь гибридов иностранной селекции в какой-то степени обосновывает применимость данных формул для оценки отечественного сырья в период его приемки, но переработка сахарной свеклы в Республике Беларусь предполагает длительное хранение большого количества сырья с потерей технологического качества и необходимостью учета этого фактора при прогнозе производственных показателей. Для оценки качества сахарной свеклы в период ее вегетации, при приемке и после хранения научно-исследовательской лабораторией сахарного производства были адаптированы методики ВНИИСПа [16, 17].

С экономической и технологической точек зрения корнеплоды сахарной свеклы целесообразно не хранить, а перерабатывать «с колес», потому что даже их краткосрочное хранение приводит к резкому снижению технологических качеств свеклы, а, следовательно, и к снижению выхода сахара. Вывод сиропа на хранение с целью переработки его в межсезонный период является одним из направлений повышения эффективности сахарного производства при большом количестве заготовленной сахарной свеклы.

Выполненные исследования по хранению сиропа в погодно-климатических условиях Республики Беларусь [18,19,20] показали, что сироп способен к длительному хранению в климатических условиях Беларуси с минимальными изменениями технологических показателей. По результатам исследований разработана ресурсосберегающая технология переработки сахарной свеклы с выводом сиропа на промежуточное хранение и его последующей переработки на сахар в межсезонный период.

В период модернизации на трех предприятиях Республики Беларусь была произведена замена привычных наклонных диффузионных аппаратов на новые для Беларуси колонные диффузионные установки.

С целью оценки эффективности работы диффузионных аппаратов колонного типа и оптимизации диффузионного процесса сотрудниками РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» проведены научно-исследовательские работы на ОАО «Скидельский сахарный комбинат» [21], разработана и внедрена усовершенствованная технология получения сахара путем оптимизации процесса диффузии и снижения содержания солей кальция в очищенном соке и сиропе.

Впервые в Республике Беларусь установлены и научно обоснованы оптимальные технологические параметры ведения процесса диффузии в аппаратах колонного типа для сырья различного технологического качества: установлен оптимальный температурный и pH-режим, откорректированы требования к качественным показателям питательной воды, продолжительность пребывания стружки в диффузионном аппарате и степень обессахаривания стружки [21]. Разработаны рекомендации по снижению содержания солей кальция в полупродуктах сахарного производства. Разработанная технология обеспечивает достижение эффекта очистки на диффузии до 16% и выше, уменьшение содержания солей кальция в очищенном соке и сиропе в 3 раза по сравнению с ранее существующей технологией. Разработанная технология позволяет снизить расход вспомогательных материалов, снизить потери сахара в производстве до 0,4% к массе свеклы, увеличить выход кристаллического сахара, улучшить качественные показатели готового продукта.

В производственных условиях ОАО «Скидельский сахарный комбинат» были отработаны технологические режимы процессов диффузии и сокоочистки и проведена апробация усовершенствованной технологии получения сахара с выработкой опытных партий сахара общим количеством 128,8 тонн.

Основным способом очистки диффузионного сока является очистка при помощи извести и углекислоты, однако она представлена множеством различных вариантов, применяемых в зависимости от огромного числа факторов и поэтому часто противоречащих друг другу [22]. Применение тех или иных технологических приемов в каждом конкретном случае может стать сложным выбором, а ошибка иметь неприятные последствия.

Для минимизации ошибок в выборе применяемых технологических приемов были проведены исследования по усовершенствованию технологии переработки сахарной свеклы на основании анализа поликомпонентных систем диффузионного сока и подбора эффективных технологических приемов производства сахара [23], разработан отраслевой технологический регламент на ведение процесса сокоочистки [24].

В разработанном регламенте описаны эффективные технологические приемы, подобранные на основании анализа поликомпонентных систем, образующихся в процессе очистки диффузионного сока, с обоснованием их применения для конкретной ситуации. В регламенте описан выбор параметров ведения процессов, в зависимости от качества полупродук-

тов и их химического состава, уточнены технологические режимы процессов, указана эффективность и риск применения того или иного приема, возможные отклонения в технологическом режиме переработки сахаросодержащего сырья на отдельных участках рассматриваемого отделения сахарного завода и способы их устранения.

В 2018 году в производственных условиях ОАО «Слущкий сахарорафинадный комбинат» проведена апробация усовершенствованной технологии переработки сахарной свеклы на основании анализа поликомпонентных систем диффузионного сока и подбора эффективных технологических приемов производства сахара.

Кроме того предложен совершенно новый способ очистки диффузионного сока, основанный на применении электромембранных технологий [9,20,25].

Кристаллизация — последний и наиболее важный этап в технологии получения товарного сахара. Цель каждого технолога — получить как можно больше кристаллического сахара высокого качества с наименьшими затратами.

Научно-исследовательской лабораторией сахарного производства проводились научные исследования [26,27], на основании которых разработаны усовершенствованная технология уваривания утфеля I продукта с целью повышения выхода кристаллического сахара и улучшения кристаллоструктуры белого сахара и усовершенствованная технология уваривания утфелей II и III кристаллизации на основании анализа качества сырья.

Разработана и апробирована в промышленных условиях усовершенствованная технология автоматической варки утфеля I кристаллизации. Методы, предложенные для усовершенствования технологии, являются новыми в республике. Данная разработка обеспечивает высокое качество белого сахара, исключает подачу воды на раскочку утфеля, тем самым способствует снижению расхода топлива на производство сахара (на 0,1%), снижает уровень неучтенных потерь сахарозы и содержание сахара в мелассе (на 0,03%) и повышает выход сахара.

Выполнение требований разработанной усовершенствованной технологии по увариванию и центрифугированию утфеля I кристаллизации позволяет:

- ♦ повысить эффект кристаллизации на I стадии — получить в сваренном утфеле 54 — 56% кристаллов;
- ♦ в результате подготовки утфеля к центрифугированию сохранить это количество кристаллов с целью получения выхода кристаллического сахара после центрифугирования в количестве 49 — 51 % к массе сваренного утфеля против 44 — 49%;
- ♦ улучшить кристаллоструктуру белого сахара;
- ♦ повысить производительность варочно-кристаллизационного отделения примерно на 2%;
- ♦ снизить расходование топлива на производство сахара на 0,1%;
- ♦ снизить уровень неучтенных потерь сахарозы и содержание сахара в мелассе (потери) на 0,03% к массе свеклы.

Также подобраны оптимальные технологические параметры варки утфелей II и III кристаллизаций, которые обеспечивают:

- ♦ повышение выхода сахара на 0,35% из 1 тонны сырья,
- ♦ снижение содержания сахара в мелассе на 0,02% к массе свеклы,
- ♦ повышение коэффициента извлечения сахара из сырья на 1,6%.

В результате выполнения и апробации исследований разработан и утвержден Отраслевой технологический регламент на процесс уваривания утфелей II и III кристаллизации [28], выпущена опытная партия сахара.

В декабре 2017 года на ОАО «Городейский сахарный комбинат» был создан цех для дополнительной очистки густых сахаросодержащих растворов, включающей в себя реагентную и безреагентную стадии обработки. В качестве исходного сырья для дополнительной очистки использовали разбавленные до 40–45% СВ кристаллизационные оттеки (в т.ч. мелассу). Применяемые на первой стадии реагенты имели сложный композиционный состав и оказывали комбинированное воздействие на рабочий раствор. После отстаивания (или центрифугирования), контрольной фильтрации и охлаждения раствор направляли на стадию безреагентной (электромембранной) очистки [29]. Авторами [29] приводится, что в результате данной комплексной обработки чистота очищенного раствора повышалась на 10–20%, а коэффициент извлечения сахара из каждой перерабатываемой тонны мелассы составлял 350–400 кг.

Однако эффективность данной технологии была подвергнута сомнению из-за высокой стоимости реагентов, возник вопрос о целесообразности их применения и о необходимости проведения исследований применимости электромембранных технологий для очистки полупродуктов сахарного производства.

Научно-исследовательской лабораторией сахарного производства в рамках отраслевой научно-технической программы ОНТП «Пищевые технологии» на 2021–2025 годы были проведены научные исследования [9, 20, 30–36] по усовершенствованию технологии получения белого сахара с использованием электродиализа для деминерализации полупродуктов сахарного производства [30] и усовершенствованию технологии переработки сахарной свеклы с целью увеличения выхода сахара и оценки возможности получения новых пищевых продуктов [31]. Результаты исследований успешно внедрены в производственную практику.

Известно, что технико-экономические показатели работы сахарной отрасли определяются в первую очередь выходом сахара, поэтому переработка сырья с максимальным выходом готовой продукции и минимальными потерями является главным резервом снижения себестоимости продукции. Максимальный выход сахара высокого качества и низкие потери могут быть достигнуты только при правильном химико-техническом контроле производства [37].

Применяемая в производственных лабораториях «Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства» выпущена еще в 1983 году и с тех пор не переиздавалась и не пересматривалась. С целью внедрения в производственный контроль новых методов и подходов контроля в рамках задания 10 «Разработать методологию оптимизации технологических процессов производства сахара из сахарной свеклы, обеспечивающую повышение его выхода и качества» ОНТП «Научное сопровождение перерабатывающих отраслей пищевой промышленности Республики Беларусь» на 2011–2015 годы были разработаны методики определения эффективности очистки диффузионного сока, эффективности сгущения очищенного сока до сиропа и кристаллизации сахарозы, а также рекомендации по оптимизации технологических режимов производства сахара за счет повышения эффективности очистки диффузионного сока, сгущения очищенного сока до сиропа, кристаллизации сахарозы [22, 38].

Разработанные методики позволяют оперативно получать технологическую информацию о работе станций, вносить предупреждающие корректировки в их работу с целью повышения выхода и качества выпускаемой продукции, снижения расхода топливных ресурсов и вспомогательных материалов.

Заключение. На основе теоретических и практических исследований разработаны и внедрены усовершенствованные способы ведения технологических процессов производства сахара: диффузии в аппаратах колонного типа для сырья различного технологического качества, сокоочистки, автоматической варки утфеля I кристаллизации, варки утфелей II и III кристаллизаций.

Разработаны и внедрены методики определения эффективности процессов производства сахара, а также адаптированная к условиям Республики Беларусь методология оценки качества свеклы при приемке и после хранения на основании опытных исследований. Для оценки величины технологических потерь массы сахарной свеклы и сахарозы в свеклосахарном производстве были разработаны предельно допустимые величины этих потерь и инструкция по расчету их нормативов.

Список использованных источников

1. Красюк, Н. А. Современные технологии производства и использования сахарной свеклы / Н. А. Красюк. — Минск: Амалфея, 2008. — С. 512.
2. Краткие итоги производства свеклы, сахара и показатели работы сахарных заводов Республики Армения, Республики Беларусь, Республики Казахстан, Кыргызской Республики и Российской Федерации в 2023 году / ООО «Сахар». — М.: НО Союз сахаропроизводителей России, 2024. — С. 82.
3. Краткие итоги производства свеклы, сахара и показатели работы сахарных заводов Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации в 2019 году / ООО «Сахар». — М.: ООО «Подольская периодика», 2010. — С. 80.
4. Краткие итоги производства свеклы, сахара и показатели работы сахарных заводов Республики Армения, Республики Беларусь, Республики Казахстан, Кыргызской Республики и Российской Федерации в 2015 году / ООО «Сахар». — М.: ООО «Петровский парк», 2016. — С. 72.
5. Краткие итоги производства свеклы, сахара и показатели работы сахарных заводов Республики Армения, Республики Беларусь, Республики Казахстан, Кыргызской Республики и Российской Федерации в 2019 году / ООО «Сахар». — М.: ООО «Петровский парк», 2020. — С. 72.
6. Сравнительный анализ ТНПА Республики Беларусь и стандартов национальных Российской Федерации, Украины, межгосударственных и международных на сахар: РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» — Минск, 2007. — С. 30.

7. Технологический регламент: Приемка и хранение сахарной свеклы: утв. «Белгоспищепром» 22.11.07. — Минск: ИВЦ Минфина, 2007. — С. 432.
8. 8. Предельно допустимые величины технологических потерь массы сахарной свеклы и сахарозы в свеклосахарном производстве. Инструкция по расчету нормативов технологических потерь массы сахарной свеклы и сахарозы в свеклосахарном производстве: утв. «Белгоспищепром» 14.10.08. — Минск, 2008. — С. 114.
9. Никулина, О. К. Технология получения сахара с использованием биологически активных препаратов при хранении свеклы и электромембранной очистки сока: дис. ...канд. техн. наук: 05.18.05 / О. К. Никулина. — Минск, 2021. — 169 л.
10. Чернявская, Л. И. Хранение корнеплодов сахарной свеклы с использованием химических и биологически активных препаратов / Л. И. Чернявская, О. К. Никулина // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2012. — № 2(16). — С. 34–40.
11. Никулина, О. К. Влияние обработки биологически активными препаратами на технологические показатели качества корнеплодов при хранении сахарной свеклы / О. К. Никулина, Л. И. Чернявская // ИВ «Пищевая технология». — 2021. — № 4(382). — С. 36–40.
12. Технический регламент по применению химических и биологически активных препаратов, укрывочного рулонного нетканого материала марки СУФ для обработки и укрытия корнеплодов сахарной свеклы: утв. концерном «Белгоспищепром» 09.03.2010 г. — Минск, 2010. — С. 28.
13. Эмерсторфер, Ф. Оценка альтернативного метода прогнозирования технологических качеств сахарной свеклы / Ф. Эмерсторфер, В. Хайн, Г. Бауэр // Сахар и свекла. — 2012. — № 2. — С. 5–13.
14. Чухраев, И. М. Приемка сахарной свеклы с учетом сахаристости и чистоты свекловичного сока: обоснование формулы / И. М. Чухраев // Сахарная свекла. — 2013. — № 7. — С. 2–7.
15. Косиченко, Н. А. Современное исследовательское оборудование и современные методики в сахарном производстве — основа обеспечения точности и оперативности исследований / Н. А. Косиченко // Стратегия повышения эффективности свеклосахарного производства: материалы научно-практического семинара (Городея, 20–22 августа 2008 г.) — Минск: Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию, 2008. — С. 100–105.
16. Методика комплексной оценки технологического качества сахарной свеклы в период ее вегетации: утв. «Белгоспищепром» 27.06.07. — Минск, 2007. — С. 12.
17. Методика прогнозирования чистоты нормальной и заводской мелассы, показателей эффективности использования свекловичного сырья: утв. «Белгоспищепром» 27.12.07. — Минск, 2007. — С. 12.
18. 18. Ресурсосберегающая технология переработки сахарной свеклы / Л. И. Чернявская, Н. И. Липская, С. В. Мельничек, О. К. Никулина // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2010. — № 4(10). — С. 31–36.
19. Определение концентрации антисептика для обработки сиропа при выводе его на длительное хранение / Л. И. Чернявская, Н. И. Липская, С. В. Мельничек, О. К. Никулина // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2011. — № 1(11). — С. 50–53.
20. Эффективные технологии производства свекловичного сахара / О. К. Никулина [и др.]. — Минск : ИВЦ Минфина, 2023. — С. 304.
21. Усовершенствовать технологию получения сахара путем оптимизации процесса диффузии и снижения содержания солей кальция в очищенном соке и сиропе: отчет о НИОТР (заключ.) / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию; рук. А. А. Шепшелев. — Минск, 2019. — С. 215. — № ГР 20171685.
22. Очистка диффузионного сока в сахарном производстве / З. В. Ловкис, Т. И. Турбан, Н. Н. Петюшев, О. К. Никулина, Е. И. Трефилова, Р. В. Лукашевич, В. В. Кулаковский; под общ. ред. З. В. Ловкиса. — Минск: Беларус. навука, 2013. — С. 232 — (Настольная книга производственника).
23. Усовершенствовать технологию переработки сахарной свеклы на основании анализа поликомпонентных систем диффузионного сока и подбора эффективных технологических приемов производства сахара: отчет о НИОТР (заключ.) / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию; рук. Н. Н. Петюшев. — Минск, 2018. — С. 280 — № ГР 20164293.
24. Отраслевой технологический регламент на ведение процесса сокоочистки: утв. РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» 10.12.2018 г. — Минск, 2018. — С. 101.
25. Способ очистки диффузионного сока: пат. 23796 Респ. Беларусь, МПК С 13 В 20/06, С 13 В 20/18 / О. К. Никулина, О. В. Дымар, О. В. Колоскова, М. Р. Яковлева; заявитель Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию — № а20200163; заявл. 10.06.2020; опубл. 30.08.2022 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. — 2022. — № 4(147). — С. 50.
26. Разработать и внедрить усовершенствованную технологию уваривания утфеля I продукта с целью повышения выхода кристаллического сахара и улучшения кристаллоструктуры белого сахара: отчет о НИОТР (заключ.) / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию; рук. Н. Н. Петюшев. — Минск, 2011. — С. 360 — № ГР 20115787.

27. Усовершенствовать технологию уваривания утфеля II и III кристаллизации на основании анализа качества сырья: отчет о НИОТР (заключ.) / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию; рук. Н. Н. Петюшев. — Минск, 2015. — С. 251– № ГР 20143322.
28. Отраслевой технологический регламент на процесс уваривания утфелей II и III кристаллизации: утв. «Белгоспищепром» 21.12.2015 г. — Минск, 2015. — С. 30.
29. Обессахаривание оттеков кристаллизационного отделения / В. Н. Платонов [и др.] // Сахар. — 2018. — № 7. — С. 32–34.
30. Усовершенствовать технологию получения белого сахара с использованием электродиализа для деминерализации полупродуктов сахарного производства: отчет о НИОТР (заключ.) / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию; рук. О. К. Никулина. — Минск, 2021. — С. 254– № ГР 20193042.
31. Усовершенствовать технологию переработки сахарной свеклы с целью увеличения выхода сахара и оценки возможности получения новых пищевых продуктов: отчет о НИОТР (промежуточный) / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию; рук. О. К. Никулина. — Минск, 2023. — С. 93 — № ГР 20221596.
32. Способ производства сахара: заявка № а20220069 Респ. Беларусь: МПК С13 В 99/00 (2011.01) / О. К. Никулина, М. Р. Яковлева, О. В. Колоскова, О. В. Дымар; заявл. 24.03.2022.
33. Способ получения сахара и сахаросодержащего продукта с бетаином из мелассы: заявка № а20230353 Респ. Беларусь: МПК С13 В 35/00, С13 В 50/00 (2011.01) / О. К. Никулина, О. В. Колоскова, М. Р. Яковлева, О. В. Дымар, Г. М. Соловей, И. Н. Скачко, Ю. А. Хмелинко; заявл. 28.12.28.
34. Никулина, О. К. Использование электродиализа для повышения эффективности работы сахарных предприятий / О. К. Никулина // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. — 2024. — Т. 62, № 2. — С. 168–176.
35. Разработка способа получения сахара на основании научно-технологических аспектов очистки полупродуктов сахарного производства с использованием электромембранной обработки / О. К. Никулина, М. Р. Яковлева, О. В. Колоскова, О. В. Дымар // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2024. — Том 17. — № 3(65). — С. 17–23.
36. Никулина, О. К. Разработка способа получения сахара с использованием метода электродиализа в целях повышения эффективности работы сахарных предприятий / О. К. Никулина, М. Р. Яковлева, О. В. Колоскова // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2024. — Том 17. — № 4(66). — С. 27–34.
37. Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства: утв. заместителем министра пищевой промышленности СССР 27.07.1981. — Киев, 1983. — С. 480.
38. Сборник методик определения эффективности процессов в сахарном производстве / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр по продовольствию; под ред. Н. Н. Петюшева. — Минск: Науч.-практ. центр по продовольствию, 2014. — С. 128.

Информация об авторах

Никулина Оксана Константиновна, кандидат технических наук, доцент, заведующий научно-исследовательской лабораторией сахарного производства РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: sugar@belpoduct.com.

Information about authors

Nikulina Oksana Konstantinovna, PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Research laboratory of sugar production RUE RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: sugar@belpoduct.com