

Эффективность вентилируемого хранения сахарной свёклы в условиях Центрально-Чернозёмного региона

А.И. ЗАВРАЖНОВ, д-р техн. наук, академик РАН, профессор, **Р.А. ШРАМКО**, технолог сахарной промышленности, **Л.А. САБЕТОВА**, канд. экон. наук, профессор, **А.А. ЗАВРАЖНОВ**, канд. техн. наук, доцент, **С.М. КОЛЬЦОВ**, аспирант
(e-mail: smkoltsov@yandex.ru)

Введение

По данным Международной организации по сахару, в сезоне 2019/20 г. Россия выйдет на седьмое место по мировому экспорту сахара. За период, который длится с октября 2019-го по конец сентября 2020 г., Россия поставит за рубеж почти 1,8 млн т этого продукта. В текущем сезоне экспортное предложение сахара из России превышает предложение Кубы (1 млн т) и Евросоюза (1,1 млн т) [1].

В правительственной программе «Экспорт продукции АПК» на 2018–2024 гг. по разделу № 6 «Пищевая и перерабатывающая промышленность» определено увеличение экспортной валютной выручки с 3,4 (в 2018 г.) до 8,6 (в 2024 г.) млрд долл. США, включая товарную номенклатуру внешнеэкономической деятельности «Сахар тростниковый или свекловичный и химически чистая сахароза в твёрдом состоянии» [2].

Сохранение позиций на внешних рынках во многом определяется ценой и себестоимостью российского сахара. В настоящей статье рассматриваются вопросы получения дополнительного объёма готовой продукции благодаря применению технологии длительного вентилируемого хранения свеклосырья (ДХС). Под технологией ДХС подразумевается совокупность методов и технических средств, направленных на обеспечение сохранности сахарной

свёклы в кагатах. Основным техническим средством технологии является система активной вентиляции. Уменьшение потерь урожая достигается за счёт перехода от хранения сахарной свёклы в кагатах на полях выращивания к хранению на свеклопунктах, управляемых заводами (призаводские свеклопункты).

В последнее десятилетие средние и крупные агропромышленные фирмы вкладывают значительные средства в модернизацию сахарных заводов. Однако оснащение свеклопунктов средствами вентилируемого хранения не получило должного развития, за исключением ГК «Продимекс», при том что данная технология относительно дешёва и окупается быстрее основного технологического оборудования сахарного производства.

Причиной такого осторожного отношения является не всегда удачное внедрение зарубежного опыта вентилируемого хранения сахарной свёклы. Осваивая данное направление самостоятельно, сахарные заводы в минимальном объёме привлекали профильные учреждения отечественной аграрной науки. При этом технология является достаточно сложной, наукоёмкой и относится к сфере интенсификации хранения продукции сельского хозяйства. Отсутствие в решении проблемы комплексного подхода, широкого

обсуждения и систематизации полученных результатов (пусть даже неудовлетворительных), анализа возможных путей развития затормозило внедрение технологии вентилируемого хранения сахарной свёклы и повлекло за собой неверные выводы о её эффективности.

Современная российская технология хранения сахарной свёклы существенно отличается от иностранных аналогов. Ранее был представлен сравнительный анализ климатических условий хранения сахарной свёклы [3] в ЦФО (Россия), Северной Дакоте (США) и районе г. Сен-Кантен (Франция). Установлено, что климатические условия в данных районах различны, поэтому для России оптимальным является хранение корнеплодов в вентилируемых кагатах в охлаждённом виде, для США – хранение в замороженном состоянии, для Франции – хранение невыкопанных корнеплодов. Применение иностранного опыта хранения свеклосырья в России не будет эффективным из-за различий в климате.

Разработанные учёными Мичуринского ГАУ технологические решения по обеспечению сохранности сахарной свёклы были применены на одном из заводов Центрально-Чернозёмного региона (ЦЧР). Целью исследований являлось обоснование эффективности длительного хранения

в вентилируемых кагатах при одновременном увеличении продолжительности сезона переработки корнеплодов на сахарных заводах. Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

- проведено сравнение технологического качества свёклы и показателей переработки свеклосырья из вентилируемых и невентилируемых кагатов;
- определён дополнительный объём сахара, полученный от переработки свеклосырья из вентилируемых кагатов;
- обоснован примерный срок окупаемости инвестиций в оборудование для вентилируемого хранения свеклосырья.

Условия и методы исследований

Исследования проводились в условиях призаводского свеклопункта одного из сахарных заводов ЦЧР. Объектами исследований были выбраны 6 обычных кагатов без вентиляции общей массой 43 тыс. т и 5 кагатов с вентиляцией общей массой 51 тыс. т. Вентилируемые кагаты формировались в срок с 25 сентября по 28 октября 2019 г. Кагаты без вентиляции – в срок с 4 октября по 11 ноября. Результаты хранения оценивались по одному комплексному критерию – выходу сахара в результате переработки свеклосырья. В качестве сырья для формирования кагатов использован диплоидный гибрид нормального типа Бритни компании Betaseed. Свеклосырьё из вентилируемых кагатов было переработано в период с 25 декабря 2019 г. по 21 января 2020 г. Основная часть сырья без вентиляции была переработана в ноябре – декабре, оставшаяся часть – при подмешивании к сырью ДХС в январе.

Результаты исследований

В табл. 1 представлены результаты исследований, в которых

приведены значения технологического качества свеклосырья и показатели переработки из кагатов с вентиляцией и без таковой. Технологическое качество сырья из кагатов определялось в заводской лаборатории, сведения о показателях переработки брали из журнала сменного технолога.

В декабре 2019 г. произошло заметное снижение технологического качества сырья из невентилируемых кагатов по сравнению с предыдущими месяцами. При оценке технологического качества сырья установлено, что дигестия сахарной свёклы снизилась на 4,5 %, при этом потери свекломассы в кагатах в среднем равнялись 6,8 %, а в одном из невентилируемых кагатов достигли 13,8 %.

В кагатах без вентиляции при дигестии сахарной свёклы 14,7 % наблюдалось снижение тургора, которое привело к увеличению внутриваровых потерь. При доброкачественности свекловичного сока в декабре 80 % выход сахара составлял 11,7 %. Совокупность вышеперечисленных параметров отразилась на качестве готовой продукции. Доля сахара качества ТС2 стала меньше доли сахара ТС3, в ряде случаев образовывался некондиционный сахар. К концу

декабря переработка свеклосырья только из кагатов без вентиляции не представлялась возможной из-за дальнейшего снижения доброкачественности свекловичного сока и падения производительности завода на 25–30 %.

Для переработки оставшегося сырья из невентилируемых кагатов потребовалось его смешивание в пропорции 30/70 с сырьём ДХС (30 % невентилируемого и 70 % вентилируемого свеклосырья). В этом случае показатели переработки улучшались: выход сахара увеличивался до 13,5 % при доброкачественности свекловичного сока 83 %. Производительность завода при работе с «миксом» свеклосырья 30/70 снижалась на 3–8 % от номинальной мощности.

С 30 декабря по 8 января завод работал на сырье только из кагатов ДХС, в которых срок хранения превысил 90 дней.

Охлаждение кагатов осуществлялось децентрализованными системами активной вентиляции путём нагнетания воздуха из окружающей среды. Работа вентиляционных систем велась в дискретном режиме. Технологическое качество сырья в январе из вентилируемых кагатов было выше,

Таблица 1. Технологическое качество свёклы и показатели переработки из кагатов с вентиляцией и без неё в сезоне 2019/20 г.

Показатели	Без активной вентиляции	30 % невентилируемой и 70 % вентилируемой свёклы (микс)	Вентилируемый кагат
Период измерения показателей	Декабрь	Январь	Январь
Потери свекломассы, %	6,8	3,5	2,3
Тургор	Низкий	Хороший	Хороший
Дигестия сахарной свёклы, %	14,7	16,9	17,8
Выход сахара, %	11,7	13,5	14,7
Доброкачественность свекловичного сока, %	80	83	86

чем в неветилируемых кагатах в декабре. Тургор корнеплодов был сохранён, дигестия сахарной свёклы составляла 17,8 %, потери свекломассы – 2,3 %. Результаты переработки свеклосырья из ветилируемых кагатов: выход сахара 14,7 % при доброкачественности свекловичного сока 86 %, качество сахара ТС2.

Ветилируемое хранение свёклы в кагатах позволило сохранить технологические качества при продлении срока хранения, а также увеличить выход сахара в январе на 3,0 % по сравнению с переработкой неветилируемых кагатов в декабре.

Положительный экономический эффект от применения технологии ДХС достигался по нескольким направлениям, в числе которых:

- дополнительный доход от повышения выхода сахара из 1 т свеклосырья;
- увеличение продолжительности работы сахарного завода;
- дополнительный доход от производства сахара более высокого качества в декабре – январе (ТС2);
- снижение себестоимости сахара в связи с распределением прямых, общепроизводственных и общехозяйственных затрат на больший объём готовой продукции;
- снижение потерь свекломассы и сахарозы при хранении.

Расчёт дополнительного дохода от увеличения выхода сахара в сравнении с базовым уровнем приведён в табл. 2 с учётом оптовой цены на сахар 28,50 р. (по состоянию на 29 июля 2020 г.). В качестве базового уровня был принят выход сахара из кагатов без ветилиации в декабре.

Источником возврата инвестиций в оборудование ДХС и компенсации эксплуатационных затрат является стоимость дополнительного количества сахара. Прирост готовой продукции из

ветилируемых кагатов составил 3 %, или 30 кг сахара от 1 т свеклосырья.

Капитальные вложения в ветилируемое хранение сахарной свёклы определяются затратами на создание необходимой энергетической инфраструктуры и приобретение оборудования ДХС.

В настоящее время на рынке предлагается оборудование нескольких производителей: ООО «ЗИПО», ООО «Агровент», ООО «АгроХолод», ООО «Шмельцер Рус» и др. В зависимости от комплектации и варианта исполнения стоимость комплекта для хранения в расчёте на 1 т сырья колеблется от 534,2 до 1483,5 р. (по состоянию на 2019 г.). Оборудование разных производителей отличается между собой как конструктивными особенностями ветилиационных систем, так и способами автоматизированного управления. В начальных комплектациях используются простые алгоритмы и проводная форма связи. Наиболее полные комплектации построены на принципах интернета вещей, дублирования аварийных объектов и др.

Некоторые комплектации желательно применять только на вновь построенных кагатных по-

лях с высокой выровненностью поверхности, другие адаптированы для работы на открытом грунте и неровных площадках с ямами и буграми. На стоимости оборудования отражается и тип буртоукладочных машин, которые будут работать на укладке кагатов ДХС. Для вновь построенных кагатных полей, рассчитанных на работу буртоукладочных машин повышенной производительности 480–720 т/час (суперБУМ) оборудование будет обходиться дешевле, чем для типовых буртоукладочных машин (БУМ). При этом стоимость строительства нового кагатного поля и цена суперБУМа увеличивают сроки окупаемости. Наши расчёты выполнены для наиболее широко распространённых БУМов типа «Комплекс 65М2Б3-К» и их модификаций. Оборудование было применено на кагатном поле, построенном в советский период, капитальный и текущий ремонт площадки не выполнялся. За величину инвестиционных вложений в оборудование ДХС была принята фактическая стоимость оборудования, которое применяли во время исследований – 44,38 млн р., или 887,66 р. в расчёте на 1 т свеклосырья.

Таблица 2. Количество произведённого сахара при переработке свеклосырья из разных кагатов (в расчёте на 1 т свёклы)

Показатели	Кагаты без активной ветилиации	30 % неветилируемой и 70 % ветилируемой свёклы (микс)	Ветилируемые кагаты
Выход сахара, кг	117	135	147
Дополнительное количество сахара, кг	–	18	30
Дополнительное количество сахара, %	–	15,38	25,64
Дополнительное количество сахара, р.	–	513,0	855,0

В ранее опубликованном материале рассмотрен вопрос затрат на электрификацию кагатного поля [4]. Для электрификации кагатного поля ёмкостью 50 тыс. т свеклосырья требуется 3,02 млн р. при текущем уровне цен. Цена указана для оборудования, материалов и работ без учёта стоимости подключения к источникам электроснабжения, так как подключение к заводской ТЭЦ и региональным сетям отличается. В расчёте на 1 т свёклы инвестиционные затраты на электрификацию равны 60,46 р., включая НДС.

Общая величина инвестиционных вложений в приобретение оборудования ДХС и строительство энергетической инфраструктуры кагатного поля составила 47,4 млн р., или 948,1 р. в расчёте на 1 т свеклосырья. Оборудование ДХС относится к IV амортизационной группе, период амортизации составляет 7 лет, метод начисления амортизации был выбран линейный [5].

Годовые эксплуатационные затраты (текущие затраты) на функционирование оборудования ДХС включают в себя следующие расходы:

- заработная плата обслуживающего персонала с отчислениями на социальные нужды,
- амортизационные отчисления оборудования;
- затраты на межсезонный и текущий ремонт;
- стоимость израсходованной электроэнергии.

Расходы на электроэнергию зависят от применяемой модификации оборудования и алгоритмов вентилирования и могут варьироваться от 4 до 12 кВт на 1 т за весь период хранения. Верхнюю границу расхода рассматривать в качестве основной величины некорректно, так как она является, как правило, следствием недостаточной автоматизации, неверного

выбора оборудования и алгоритмов вентилирования. В условиях аномально тёплой осени 2019 г. для обеспечения сохранности сырья с 25 сентября по 15 января потребовалось 5,8 кВт электроэнергии на 1 т.

Затраты на межсезонный и текущий ремонт оборудования во многом зависят от применяемого тем или иным производителем варианта конструктивных решений. Расходные материалы на поддержание в рабочем состоянии вентиляторов и энергетической инфраструктуры в процессе хранения составили 4,54 р. на 1 т. При выборе дешёвых комплектаций с тонкостенными воздуховодами появляется ежесезонная замена части воздухопроводов вследствие их повреждения ковшами фронтальных погрузчиков при разборе кагатов. Процент выбытия тонкостенных воздухопроводов колеблется в диапазоне 4–14 % от их общего количества. У модификации системы вентиляции с толстостенными воздуховодами, которая использовалась в ходе исследований, выбытия воздухопроводов вследствие деформаций не было. Для обслуживания и эксплуатации оборудования была сформирована бригада из четырёх человек с оплатой труда и отчислениями на социальные нужды в размере 1,79 млн р. за год. Ежегодные прямые затраты на оборудование ДХС для 1 т сахарной свёклы представлены в табл. 3. На рис. 1 показана структура эксплуатационных затрат, включая амортизацию.

Зная стоимость дополнительного количества сахара, величину инвестиционных, эксплуатационных затрат и величину амортизации, мы рассчитали срок окупаемости оборудования ДХС (табл. 4). Доходы отражены со знаком «+», а расходы со знаком «-».

Таким образом, период окупаемости затрат на оборудование

Таблица 3. Прямые затраты на обслуживание и эксплуатацию оборудования ДХС, р/т сахарной свёклы

Статья расходов	Затраты, р.
Электроэнергия	39,44
Оплата труда с отчислениями на социальные нужды	35,75
Текущий ремонт оборудования	4,54
Амортизация оборудования	126,8
Итого	206,53

ДХС, включая инвестиционные, прямые затраты и амортизацию, не превысил двух лет. За первый год эксплуатации оборудования ДХС возвращено капитальных вложений на сумму 639,82 р. при расчёте на 1 т свёклы. Графически данные из табл. 4 отражены в виде диаграммы на рис. 2. Доходы отражены со знаком «+», а расходы со знаком «-».

Остаток к возврату капитальных вложений за первый год эксплуатации составляет 308,30 р. на 1 т свеклосырья. Во второй год эксплуатации капитальные вложения возвращаются в полном объёме и формируется положительный финансовый результат в сумме 331,52 р. на 1 т свеклосырья.

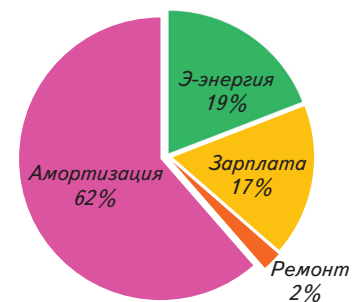


Рис. 1. Структура эксплуатационных затрат

Таблица 4. Расчёт доходов, затрат и финансового результата первого и второго годов эксплуатации оборудования ДХС, р/т свеклосырья

Показатели	Первый год	Второй год
Стоимость дополнительно полученного сахара, р.	+855,00	+855,00
Капитальные вложения в оборудование ДХС и в электрификацию, р.	-948,12	—
Остаток к возврату капитальных вложений после первого года эксплуатации, р.	—	-308,30
Амортизация, р.	-135,45	-135,45
Прямые затраты, р.	-79,73	-79,73
Прибыль/убыток по итогам эксплуатации оборудования ДХС, р.	-308,30	+331,52

Прогноз вероятного развития технологии ДХС

Технология ДХС находится на начальном этапе своего развития. Имеется потенциал дальнейшего совершенствования по части управления работой вентиляци-

онными системами, стабилизации микроклимата в кагате, применения пестицидов для борьбы с гнилями. В результате монографического анализа потенциальных направлений развития [,] при сопоставлении с данными,

полученными в ходе исследований, был спрогнозирован ожидаемый выход сахара при дальнейшем совершенствовании технологии. На рис. 3 представлено графическое отображение выхода сахара в результате переработки кагатов с вентиляцией и без таковой в сезоне переработки 2019–2020 г., а также вероятный прогноз развития технологии ДХС.

На оси абсцисс отмечены месяцы работы завода, на оси ординат – выход сахара. Кривая 1 обозначает фактический выход сахара при работе на свеклосырье из не-вентилируемых кагатов, кривая 2 – выход сахара только из вентилируемых кагатов. Область графиков разделена на три условных зоны эффективности производства на основании сложившейся

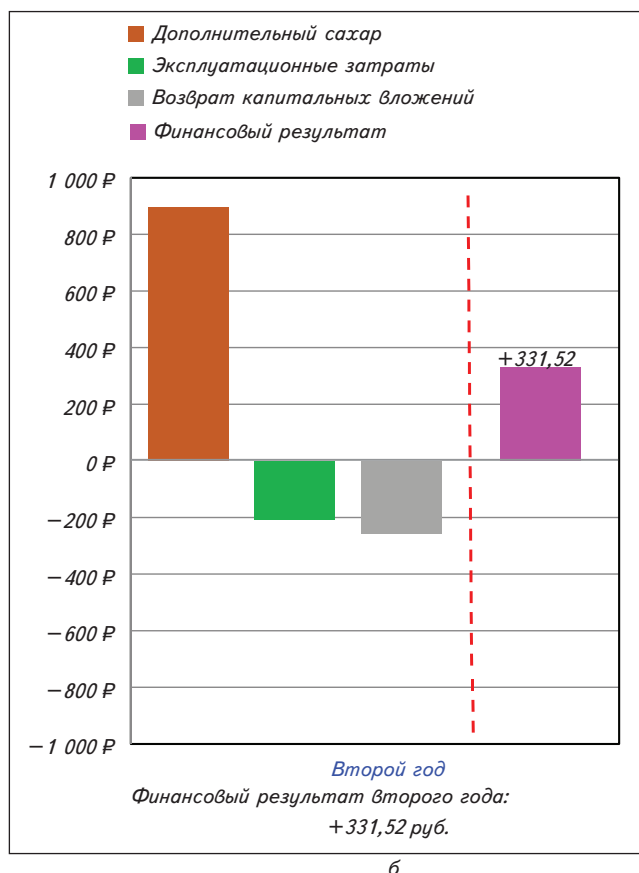
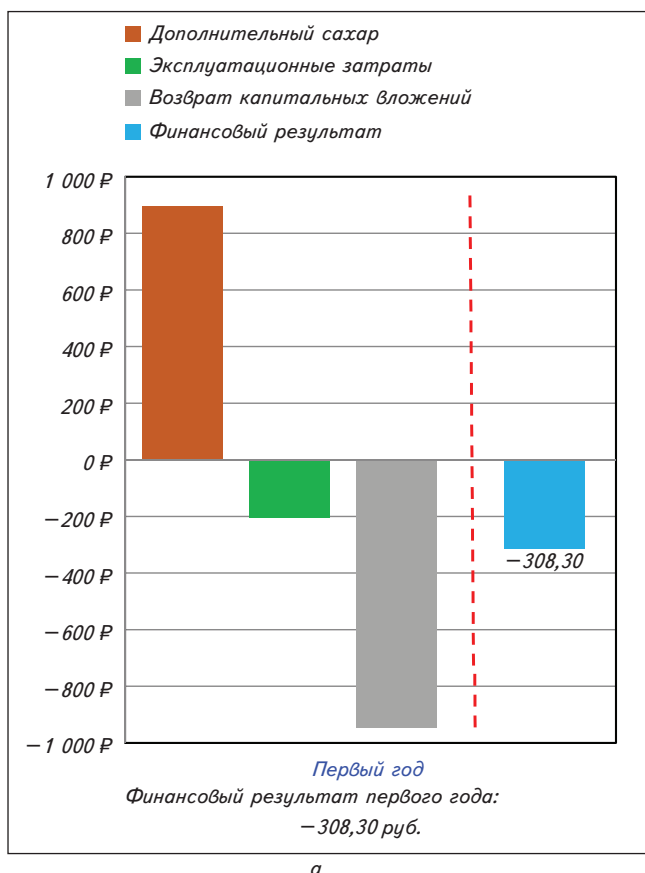


Рис. 2. Доходы, затраты, финансовый результат первого и второго годов эксплуатации оборудования ДХС и срок окупаемости

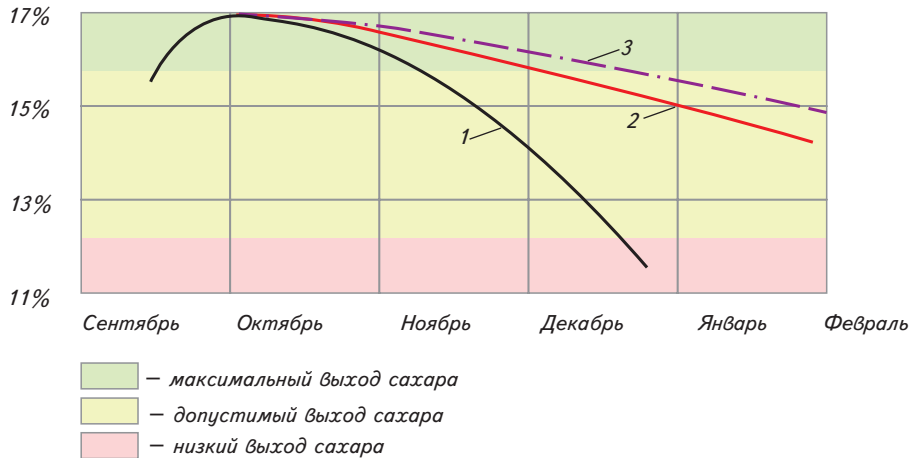


Рис. 3. Выход сахара в течение сезона переработки 2019–2020 г. и прогноз развития технологии ДХС: 1 – без вентилируемого хранения, 2 – с вентилируемым хранением, 3 – потенциал совершенствования технологии ДХС

заводской практики с учётом оптовой цены на сахар 28,50 р., где:

- область максимальной эффективности – выход сахара свыше 15,8 %;
- допустимая эффективность – 12,2–15,7 %;
- низкая эффективность – менее 12,2 %.

С начала декабря разница по выходу сахара при переработке свеклосырья, хранящегося с вентиляцией и без таковой составила 1,9 %, далее эта разница только нарастала (рис. 2). Усовершенствование технологии ДХС обеспечит высокий уровень выхода сахара, и позволит продлить сезон переработки по февраль.

Заключение

Технология вентилируемого хранения кагатов обеспечивает сохранность технологических свойств сырья по январь включительно и окупает капитальные вложения. Возврат инвестиций происходит в течение двух лет при семилетнем сроке амортизации. Обеспечивается производительная работа сахарного завода в поздние сроки сезона переработки. При дальнейшем развитии эффективность технологии ДХС будет увеличиваться.

Список литературы

1. РБК: Россия резко увеличила поставки сахара за рубеж [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rbc.ru/business/27/07/2020/5f1ad4369a79476c4788cc55> (дата обращения: 03.08.2020).
2. Федеральный проект «Экспорт продукции АПК» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-informatsionnoy-politiki-i-spetsialnykh-proektov/industry-information/info-federalnyi-proekt-eksport/> (дата обращения: 03.08.2020)
3. Завражнов, А.И. Обоснование и разработка технологии хранения

сахарной свёклы в кагатах в условиях Центрально-Чернозёмного региона / А.И. Завражнов, С.М. Кольцов // Сахар. – 2020. – № 1. – С. 38–44.

4. Кольцов, С.М. Кратное снижение энергопотребления систем активной вентиляции кагатов сахарной свёклы / С.М. Кольцов [и др.] // Сахар. – 2019. – № 4. – С. 70–75.

5. Постановление Правительства РФ от 01.01.2002 № 1 (ред. от 27.12.2019) «О классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34710/1e41717903a74912327e10eb80547bd73a1f7378/ (дата обращения: 03.08.2020)

6. Завражнов, А.И. Обоснование и разработка технологии хранения сахарной свёклы в кагатах в условиях Центрально-Чернозёмного региона / А.И. Завражнов, С.М. Кольцов // Сахар. – 2020. – № 1. – С. 38–44

7. Хелемский, М.З. Хранение сахарной свёклы / М.З. Хелемский. – М.: Пищ. пром-сть, 1964. – 471 с.

8. Сапронов, Н.М. Укрытие многофункционального действия и принудительное вентилирование для длительного хранения сахарной свёклы / Н.М. Сапронов [и др.] // Сахар. – 2015. – № 8. – С. 24–27.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы получения дополнительного выхода сахара благодаря применению технологии длительного вентилируемого хранения сахарной свёклы. Кагаты, оснащённые системой активной вентиляции, обеспечивают сохранность свеклосырья по январь включительно. Технология вентилируемого хранения обеспечивает прирост дополнительного количества сахара в декабре – январе по сравнению с кагатами без вентиляции.
Ключевые слова: сахарная свёкла, система активной вентиляции, хранение, свеклосырьё, сахар.

Summary. The article deals with the issues of obtaining additional sugar yield, thanks to the use of technology for long-term ventilated storage of sugar beets. Sugar beet piles equipped with a ventilation system ensure the safety of beet raw materials up to and including January. Technology ventilated storage provides an additional increase in the amount of sugar in December and January compared to sugar beet piles without ventilation.

Keywords: sugar beet, active ventilation system, storage, beet raw materials, sugar.



**Компания «АгроХолод»
производит весь спектр**

оборудования для длительного хранения сахарной свёклы:

- воздуховоды с толщиной стенки 9 мм (выдерживают удар ковшом «Амкадора»)
- вентиляционные установки увеличенной производительности
- программно-аппаратный комплекс управления активной вентиляцией кагата в следующем составе:
 - ✧ силовые шкафы с возможностью ручного управления;
 - ✧ шкафы автоматики, осуществляющие оперативное управление вентустановками (групповое и индивидуальное);
 - ✧ комплект беспроводной термометрии, состоящей из погружных термоизмерительных приборов – «термоштанг» и коммуникационного шкафа;
 - ✧ автоматизированное рабочее место оператора для контроля и управления процессом хранения сахарной свёклы через сеть Интернет;
 - ✧ программное обеспечение системы (разработка компании «АгроХолод»).

Сопутствующие производственные услуги

- Монтаж оборудования на кагатном поле Заказчика
- Пусконаладочные работы
- Послегарантийное сервисное обслуживание
- Эксплуатационное сопровождение в течение сезона
- Обучение персонала работе с оборудованием
- Подготовка технического задания на систему вентиляции кагатного поля (бесплатно)

Наше оборудование адаптировано для работы с буртоукладочными машинами типа «Комплекс 65М2Б3-К» на старых, неремонтированных кагатных полях, в том числе без твёрдого покрытия на грунте.

Наш сайт: agrocholod.ru

Эл. почта: agrocholod@yandex.ru

Телефон: 8 (475-2) 26-27-28