

УДК 631.155.2:631.367

## **ОБОСНОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ПРИ УБОРКЕ, ДОСТАВКЕ И ХРАНЕНИИ КОРНЕПЛОДОВ НА САХАРНОМ ЗАВОДЕ**

**Михаил Александрович Попов**

аспирант, младший научный сотрудник

vniitin.popov@yandex.ru

**Семен Михайлович Кольцов**

кандидат технических наук, заведующий лабораторией

smkoltsov@yandex.ru

**Александр Владимирович Балашов**

доктор технических наук, главный научный сотрудник, доцент

ntc.agro@yandex.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники

и нефтепродуктов в сельском хозяйстве

г. Тамбов, Россия

**Аннотация.** В статье анализируется транспортно-производственная система, применяемая при уборке сахарной свеклы, доставке и хранении корнеплодов на сахарном заводе.

Приводятся математические выражения для определения потребности в свеклоуборочных комбайнах и их транспортном обслуживании с использованием технологического транспорта для перевозки корнеплодов к полевым кагатам для кратковременного хранения или большегрузного транспортного средства для доставки корнеплодов с поля до свеклоприемного пункта сахарного завода.

**Ключевые слова:** сахарная свекла, уборка, техническое зрение, транспортные средства, вентилирование, буртоукладочная машина, кагат.

Агротехническая продолжительность уборки сахарной свеклы составляет 20-30 суток, но реально этот срок затягивается до 40-50 суток из-за неблагоприятных природно-климатических условий (дождь, распутица) и организационно-технических причин (отказы свеклоуборочных комбайнов и несвоевременное устранение их последствий из-за отсутствия необходимых запасных частей и материалов, неправильной организации работ, а также неритмичное транспортное обеспечение процесса уборки). Эти условия и причины негативно сказываются на темпах уборки и качество корнеплодов. Доставка корнеплодов на сахарный завод осуществляется большегрузным транспортом по графику, разработанного специалистами свеклоприемного пункта [1, 2].

При этом корнеплоды начального периода уборки (первая половина сентября) не могут длительно храниться, поэтому они сразу поступают в переработку. Для нормальной работы сахарного завода при возможных в это время перебоях в поступлении корнеплодов, на заводе необходимо иметь примерно трехсуточный их запас, который хранится в оперативных кагатах. Остальные поступившие на сахарный завод корнеплоды направляются на длительное хранение в большие кагаты, оборудованные вентиляцией с укрытием или без вентиляции с последующей разборкой и доставкой корнеплодов на переработку [3].

Цель - обосновать транспортно-производственную систему при уборке сахарной свеклы, доставке и хранении корнеплодов на сахарном заводе

При уборке сахарной свеклы эффективное использование высокопроизводительных самоходных свеклоуборочных комбайнов достигается при правильной организации работы, технического обслуживания и транспортного обеспечения, которые позволят повысить их производительность, снизить потери массы и сахаристости корнеплодов.

В качестве технологического транспортного средства используются большегрузные автомобили, автомобили-самосвалы, тракторо-транспортные

агрегаты, самоходные или прицепные перегрузчики, которые обеспечивают четкую и бесперебойную работу самоходных комбайнов при различных способах её организации.

Технологические транспортные средства используются в основном для перевозки корнеплодов на край поля для формирования полевых кагатов при кратковременном хранении корнеплодов с последующей их разборкой и погрузкой погрузчиками в кузов большегрузного транспортного средства для отправки на сахарный завод.

В некоторых хозяйствах используют большегрузный транспорт под погрузку корнеплодами непосредственно из бункера комбайна в поле, что в определенной степени уменьшает затраты на логистику, но, с другой стороны, уплотнение почвы от колес этого транспорта является экстремальным. Для его устранения потребуются дополнительное глубокое разрыхление, что приведет к увеличению затрат на его проведение. Во влажную погоду большегрузный транспорт не сможет обслужить свеклоуборочный комбайн, и в этом случае без перегрузчиков невозможно его использовать. При использовании самоходных или прицепных перегрузчиков для перемещения корнеплодов от комбайна к большегрузному транспортному средству. В некоторых холдингах используют прицепные и самоходные перегрузчики сахарной свеклы европейских и американских производителей. Так, к примеру, европейские перегрузчики Hawe RUW 4000 и Bergmann RRW 500 имеют трехосное шасси, к тому же у последнего все колеса имеют «крабовый» ход. Кроме того, производители предлагают только шасси, которые оснащаются специализированными перегрузчиками-бункерами.

Продолжительность оборота технологического транспорта определяют по выражению:

$$t_{об} = 0,0166(L_T/V_T + L_x/V_x) + t_p, \quad (1)$$

где 0,0166 – переводной коэффициент

$L_r, L_x$  – путь, пройденный технологическим транспортом соответственно с корнеплодами до полевых кагат и обратно к комбайну, м;  $V_r, V_x$  – скорость движения технологического транспорта соответственно с корнеплодами и обратно к комбайну, м/с;  $t_p$  – продолжительность разгрузки корнеплодов в полевой кагат, с.

При погрузке корнеплодов из полевых кагат бесперебойная работа свеклопогрузчика обеспечивается при загрузке определенного количества транспортных средств по выражению:

$$n_{TC} = t_{цтс} / t_{заг}, \quad (2)$$

где  $t_{цтс}$ -продолжительность оборота транспортного средства, с;  $t_{заг}$ - продолжительность загрузки корнеплодами транспортного средства, с;

При этом один погрузчик может обслужить за сутки определенное по выражению (3) количество транспортных средств:

$$n_{TC} = \left( \frac{2 \cdot L \cdot W_{пог}}{k_{TC} \cdot M_{TC} \cdot \beta_{TC}} + \frac{t_{пп}}{t_{пог}} \right) \cdot \eta_{птс}, \quad (3)$$

где  $t_{пп}$ - продолжительность обслуживания транспортного средства на приёмном пункте сахарного завода (прием, разгрузка), с;  $k_{TC}$  - коэффициент неравномерности подачи транспортного средства к погрузчику;

$W_{пог}$  -производительность погрузчика, т/ч;  $M_{TC}$  - грузоподъёмность транспортного средства, т.

При использовании большегрузного автомобиля для доставки корнеплодов на приёмный пункт сахарного завода суммарная продолжительность транспортного цикла складывается из: продолжительности выгрузки корнеплодов из бункера комбайна в кузов, продолжительности движения с корнеплодами на приёмный пункт, продолжительности пребывания там под разгрузкой и продолжительности движения порожнего автомобиля на поле к свеклоуборочному комбайну.

Суточная производительность транспортного средства при перевозке корнеплодов с поля до сахарного завода определяется по выражению:

$$W_{\text{ТС}} = \frac{T_0 \cdot v_{\text{ТС}} \cdot \beta_{\text{П}} \cdot M_{\text{С}} \cdot \eta_{\text{ТС}}}{L \cdot v_{\text{ТС}} \cdot \beta_{\text{П}} \cdot t_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

где  $W_{\text{ТС}}$ - производительность транспортного средства, т/сут.;  $v_{\text{ТС}}$ - средняя скорость транспортного средства, м/с;  $\beta_{\text{П}}$ - коэффициент использования пробега транспортного средства,  $\beta_{\text{П}}=0,69 \dots 0,85$ ;  $M_{\text{С}}$ - масса перевозимых корнеплодов, т;  $\eta_{\text{ТС}}$ - коэффициент использования грузоподъёмности транспортного средства;  $L$ - расстояние транспортировки корнеплодов от поля до сахарного завода, км;  $t_{\text{пр}}$  - продолжительность простоя транспортного средства при погрузке на поле, приёме и разгрузке на сахарном заводе, с.

Выражение (4) учитывает факторы, влияющие на производительность транспортного средства, включая время в пути, скорость движения, грузоподъёмность, время простоя и коэффициент использования пробега и грузоподъёмности.

Численный эксперимент проведен с использованием данных, полученных при хронометражных наблюдениях в свеклосеющих хозяйствах и приемных пунктах сахарных заводов Тамбовской и Курской областей.

В результате проведенного эксперимента на основании хронометражных данных отдельным технологическим операциям, выполненным на полях возделывания и свеклопункте сахарного завода по представленным выражениям (формулы 1-4) были получены следующие результаты. Продолжительность оборота технологического транспорта по выражению при среднем расстоянии от комбайна до полевого кагата в 1000-1200 м., скорости движения с корнеплодами и обратно к комбайну 2,0-3,5 м/с и временем разгрузки около 2 минут составила 2-2,2 мин. Правильное использование технологического транспортного средства обеспечивает безостановочную работу свеклоуборочного комбайна в зависимости от его производительности в течении 10-20 мин.

Для погрузки корнеплодов из полевых кагатов в большегрузный транспорт используют свеклопогрузчики с производительностью 200-250 т/ч.

Для непрерывного их использования необходимое количество транспортных средств грузоподъемностью 16 т. требуется 4 автомобиля грузоподъемностью 16 т.

Круглосуточное использование большегрузных автомобилей при доставке корнеплодов на свеклоприемные сахарных заводов обеспечивается не менее 30-32 т., т.е. автомобиль грузоподъемностью 16 т. выполнит 2 рейса.

На рисунке 1 представлена схема транспортно-производственной системы при транспортировке и хранении корнеплодов на приемном пункте сахарного завода.

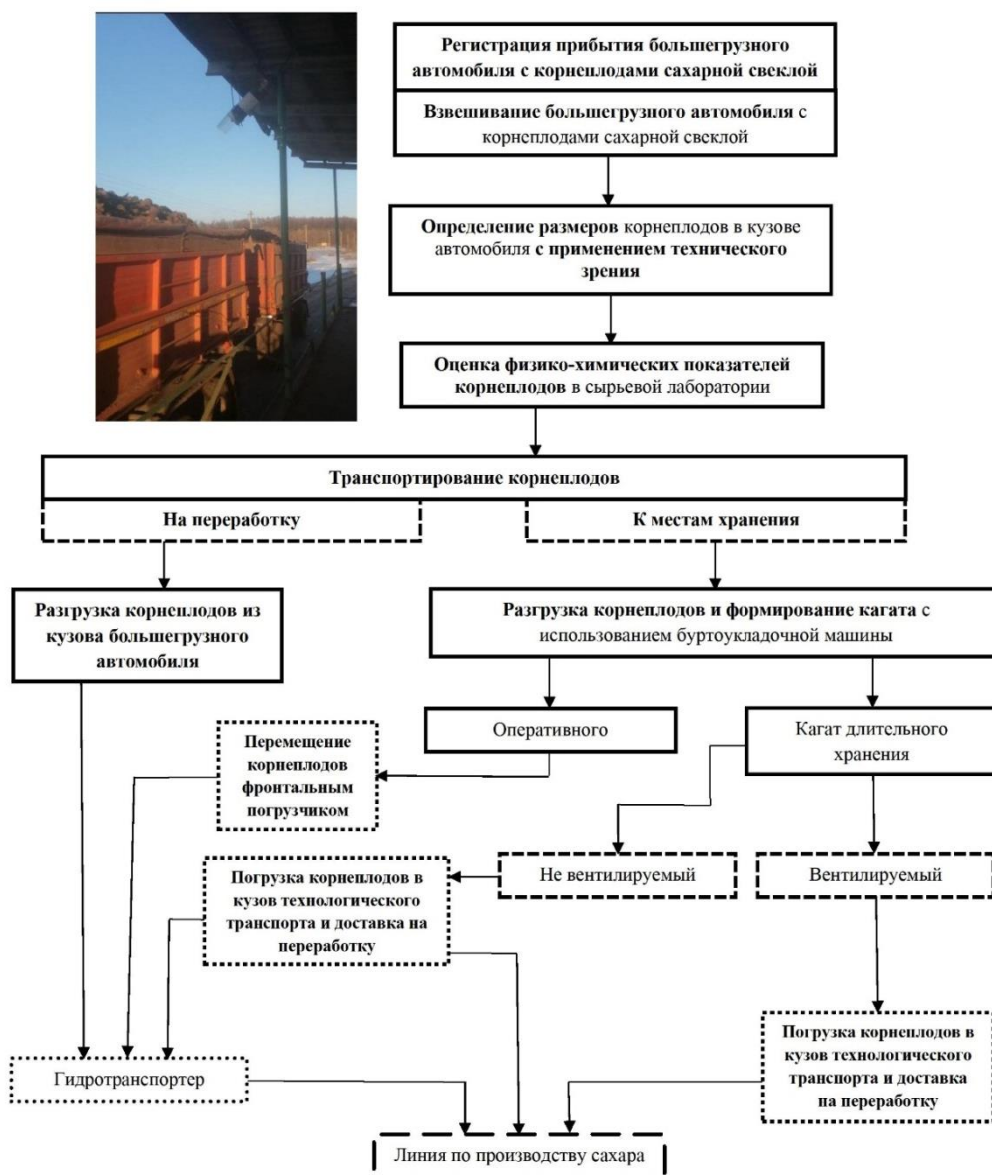


Рисунок 1 - Схема транспортно-производственной системы при транспортировке и хранении корнеплодов на приемном пункте сахарного завода.



После прибытия транспортного средства на территорию свеклопункта и регистрации, направляется на взвешивание и определения размерных характеристик корнеплодов с применением технического зрения, и забора проб (в каждом пятом транспортном средстве одного свеклосдатчика) в сырьевую лабораторию для оценки их качественных показателей (наличие примесей, загрязнения, степени травмирования корнеплодов, определение сахаристости и другие показатели). На основании данных, полученных с разработанного нами технического зрения и результатов анализов сырьевой лаборатории транспортное средство [6] направляется под разгрузку к гидротранспортеру или для формирования оперативного кагата, или на длительное хранение в не вентилируемый или вентилируемый кагат. При этом, монтаж системы вентиляции и исследование режимов её работы в зависимости от климатических показателей в период длительного хранения корнеплодов проведены сотрудниками лаборатории на сахарном заводе в Курской области [7].

Оперативные кагаты формируют в непосредственной близости от гидротранспортера, в который перемещают корнеплоды фронтальным одноковшовым погрузчиком (рисунок 2).



*Рисунок 2 – Перемещение корнеплодов в гидротранспортер.*

Для формирования оперативного кагата и кагатов длительного хранения используется буртоукладочная машина (БУМ), предназначенная для разгрузки большегрузного транспорта и равномерного распределения при укладке корнеплодов без их повреждения (рисунок 3) [8,9].





*Рисунок 3 – Буртоукладочная машина (Ш1-П) при формировании кагата корнеплодов.*

Использование БУМа позволяет сформировать кагат правильной формы заданных размеров и распределить корнеплоды в нем без образования пустот и переуплотненных зон.

По утвержденному графику сырьевой службой и согласованному с технологической службой сахарного завода по производству сахара осуществляется разборка кагатов с использованием фронтального погрузчика и заводского технологического транспорта (рисунок 4) [10].



*Рисунок 4 – Разборка кагата и перегрузка корнеплодов в технологический транспорт для перемещения на переработку.*

Применение предложенной транспортно-производственной системы позволит обеспечить уборку сахарной свеклы без потерь в агротехнический срок, своевременную доставку корнеплодов на приемный пункт, их длительное хранение и ритмичную работу заводов по переработке свеклосырья и получению сахара.

**Заключение.** Проведен анализ транспортно-производственной системы, применяемой при уборке, доставке и хранении корнеплодов на сахарном заводе. Предложено уборку сахарной свеклы осуществлять самоходными

комбайнами с использованием в качестве технологического транспорта большегрузных самоходных или прицепных перегрузчиков. В результате проведенного численного эксперимента на основании хронометражных данных отдельным технологическим операциям, выполненным на полях возделывания и свеклопункте сахарного завода по представленным выражениям была определена продолжительность оборота технологического транспорта при среднем расстоянии от комбайна до полевого кагата в 1000-1200 м., скорости движения с корнеплодами и обратно к комбайну 2,0-3,5 м/с и временем разгрузки около 2 минут, которая составила 2-2,2 мин., что обеспечило безостановочное использование свеклоуборочного комбайна в зависимости от его производительности в течении 10-20 мин.

Для непрерывного использования свеклопогрузчиков для погрузки корнеплодов из полевых кагатов потребуется 4 автомобиля грузоподъемностью 16 т. Для доставки корнеплодов на свеклоприемный пункт сахарного завода при суточной производительности не менее 30-32 т. потребуется автомобилю грузоподъемностью 16 т. выполнить 2 рейса. Для повышения эффективности транспортно-производственной системы при уборке, доставке и хранении корнеплодов на сахарном заводе необходимо управление транспортными потоками при доставке корнеплодов на сахарный завод осуществлять при помощи GPS-трекеров установленных на большегрузные автомобили и организовать электронную очередь автомобилей при приеме корнеплодов на свеклоприемном пункте. При этом необходимо применить техническое зрение для определения размерных характеристик корнеплодов, а для качественного длительного хранения корнеплодов оборудовать кагаты системой вентиляции, управляемой дистанционно.

### **Список литературы:**

1. Сахарная свёкла (Выращивание, уборка, хранение) / Д. Шпаар, Д. Дрегер, А. Захаренко и др.; Под общей редакцией Д. Шпаара. М.: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО». 2012. 316 с.
2. Свеклосахарный комплекс России: состояние и направления развития / Путилина Л. Н. и др. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79. №. 2 (72). С. 180-190.
3. Попов М. А., Кольцов С. М., Балашов А. В. К вопросу о производственно-транспортной логистике при уборке корнеплодов сахарной свеклы // Наука и Образование. 2024. Т. 7. №. 2.
4. Ресурсосберегающая технология и техника производства сахарной свеклы: Монография / А.И. Завражнов, В.И. Горшенин, С.В. Соловьев, А.В. Балашов и др.; под ред. А.И. Завражнова // СПб.: Издательство «Лань». 2019. 164 с: ил. (учебники для вузов, Специальная литература).
5. Балашов А.В. Условия эффективного использования зарубежных свеклоуборочных комбайнов // Сборник научных статей по материалам международной конференции «Наука на рубеже тысячелетий» 29-30 сентября 2004г. ТГТУ. Тамбов. БМА. 2004. С.176-177.
6. Программно-алгоритмическое обеспечение интеллектуальной системы технического зрения для определения параметров корнеплодов сахарной свеклы при сортировке перед укладкой на хранение / Д. А. Николюкин, В. Е. Петерс, М. А. Попов, А. В. Крищенко // Наука в центральной России. 2024. № 2(68). С. 106-112. DOI 10.35887/2305-2538-2024-2-106-112. EDN YONMIQ.
7. Вентилируемое хранение сырья как одно из направлений модернизации свеклосахарного производства / А. И. Завражнов, Р. А. Шрамко, О. Ю. Коломыцева и др. // Сахар. 2021. № 1. С. 46-52. DOI 10.24411/2413-5518-2021-10104. EDN WDNLPA.

8. Обоснование параметров технологических машин для автоматического формирования вентилируемых кагатов сахарной свеклы / С. М. Кольцов, С. П. Стрыгин, С. О. Чиркин, И. Д. Чечевицын // Наука в центральной России. 2022. № 3(57). С. 24-31. DOI 10.35887/2305-2538-2022-3-24-31. EDN YUMEYQ.

9. Патент № 314721 СССР, МПК В 65G 67/30. Буртоукладочная машина для укладки в кагаты свеклы: № 1377260/27-11: заявл. 14.11.1969: опубл. 21.09.1971 / Галиновский М.Н. и др. – 5 с.

10. Особенности применения современного тракторного транспорта в технологических процессах по возделыванию сельскохозяйственных культур / Бышов Н. В. и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. №. 126. С. 180-198.

**UDC 631.155.2:631.367**

**JUSTIFICATION OF TRANSPORTATION AND PRODUCTION  
SYSTEM AT HARVESTING, DELIVERY AND STORAGE OF ROOT  
CROPS AT A SUGAR FACTORY**

**Mikhail A. Popov**

postgraduate student, junior researcher

vniitin.popov@yandex.ru

**Semen M. Koltsov**

candidate of technical sciences, head of laboratory

smkoltsov@yandex.ru

**Alexander V. Balashov**

doctor of technical sciences, chief researcher, associate professor

ntc.agro@yandex.ru

All-Russian Research Institute for the use of machinery  
and petroleum products in agriculture  
Tambov, Russia

**Annotation.** The article analyzes the transport and production system used in sugar beet harvesting, delivery and storage of root crops at a sugar factory.

Mathematical expressions are given for determining the need in sugar beet harvesters and their transport service using technological transport for transportation of root crops to field cages for short-term storage or heavy-duty vehicle for delivery of root crops from the field to the beet receiving point of the sugar factory.

In the article the structural scheme of the system is given, in which the processes of transportation of root crops at harvesting of sugar beet, delivery to the receiving point of sugar factory and organization of storage of root crops at the receiving point by different methods are presented.

**Key words:** sugar beet, harvesting, technical vision, vehicles, ventilation, boring machine, cagat.

Статья поступила в редакцию 11.11.2024; одобрена после рецензирования 20.12.2024; принята к публикации 25.12.2024.

The article was submitted 11.11.2024; approved after reviewing 20.12.2024; accepted for publication 25.12.2024.