

УДК 664.13

DOI 10.30679/2587-9847-2020-29-26-32

ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПЕРЕВООРУЖЕНИИ САХАРНЫХ ЗАВОДОВ

Грачев Н.А., магистрант, Зубко А.В., студент, Мунассар Е.Х.А., магистрант,
Печерица М.А., студент, Степанова Е.Г., канд. техн. наук, доцент,
Никонов О.И., канд. техн. наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования "Кубанский государственный технологический университет"
(Краснодар)

Реферат. Предложены схема получения диффузионного сока и переработки жома с использованием инновационных экологически безопасных методов воздействия. Приведены конструктивные схемы и описание работы разработанного оборудования для мойки сахарной свеклы, транспортирования и равномерной подачи сырья на свеклорезки, подготовки стружки и экстрагента к извлечению сахара, а также комплексной переработки свекловичного жома. Использование разработанного оборудования дает возможность увеличить выход сахара за счет сокращения его неучтенных потерь, снизить расход воды на мойку сырья и сократить затраты электроэнергии на подготовку экстрагента.

Ключевые слова: свекломоечный агрегат, ворошитель – измельчитель, ошпариватель, экстрагирование, электротехнологии

Summary. A scheme for obtaining diffusion juice and processing pulp using innovative environmentally friendly methods of influence is proposed. The design diagrams and description of the developed equipment for washing sugar beets, transporting and evenly feeding raw materials to beet cutters, preparing chips and extractant for sugar extraction, as well as complex processing of beet pulp are given. The use of the developed equipment makes it possible to increase the yield of sugar by reducing its unaccounted losses, reduce water consumption for washing raw materials and reduce the cost of electricity for the preparation of the extractant.

Key word: beet-washing unit, agitator-shredder, scalding, extraction, electrical technologies

Введение. Развитие прорывных технологий имеет стратегическое значение для производства и делает конкурентоспособной экономику страны. Среди отраслей пищевой промышленности России ведущее место занимает свеклосахарная промышленность по объемам переработки сырья, выработки сахара, количеству вспомогательных материалов и отходов. В мире по производству свекловичного сахара и РФ занимает лидирующее место: в 2019 году валовой сбор сахарной свеклы составил 52,3 млн. т [1]. Ежегодно отечественные заводы наращивают производственные мощности главным образом за счет дублирования оборудования периодического действия (фильтров, утфелемешалок, центрифуг). В отрасли назрела проблема технического перевооружения технологических отделений и участков производства с применением инновационного оборудования. В связи обеспечением жестких требований природоохранного законодательства особенно актуально внедрение нового оборудования и экологически безопасных технологий. В настоящее время количество вредных выбросов в атмосферу аммиака, окидов углерода, азота, серы на большинстве заводов заметно превышает предельно допустимые концентрации. Несмотря на наличие систем водоочистки, сточные воды содержат повышенное количество органических веществ. Следовательно, задача технического перевооружения отечественных сахарных

заводов требует внедрения интенсивных процессов, предусматривающих максимальное использование технологических вод и отходов основного производства [2]. Решение указанных задач требует больших финансовых и материальных затрат и сопряжены с определенными техническими сложностями.

Целью исследования является разработка комплекта оборудования для аппаратно-технологической схемы свекломоечного, диффузионного и жомопрессового отделений свеклосахарного завода производительностью 6,0 тыс. т переработанной свеклы в сутки с применением экологически безопасных электротехнологий.

Объекты и методы исследований. Объектом настоящего исследования является оборудование для мойки сахарной свеклы, транспортирования и равномерной подачи сырья на свеклорезки, подготовки стружки и экстрагента к извлечению сахара, а также комплексной переработки свекловичного жома. На основе сопоставительного анализа расчета параметров работы действующего и предлагаемого оборудования использован метод математического моделирования с построением оптимизационных аналитических моделей.

Обсуждение результатов. В современных условиях реконструкция сахарных заводов требует комплексного подхода к анализу конструктивных недостатков и условий эксплуатации действующего оборудования. Создание новых образцов техники связаны с разработкой и проверкой моделей, позволяющих прогнозировать развитие отрасли на перспективу. Алгоритм моделирования может быть представлен структурной схемой (рис. 1) [3].

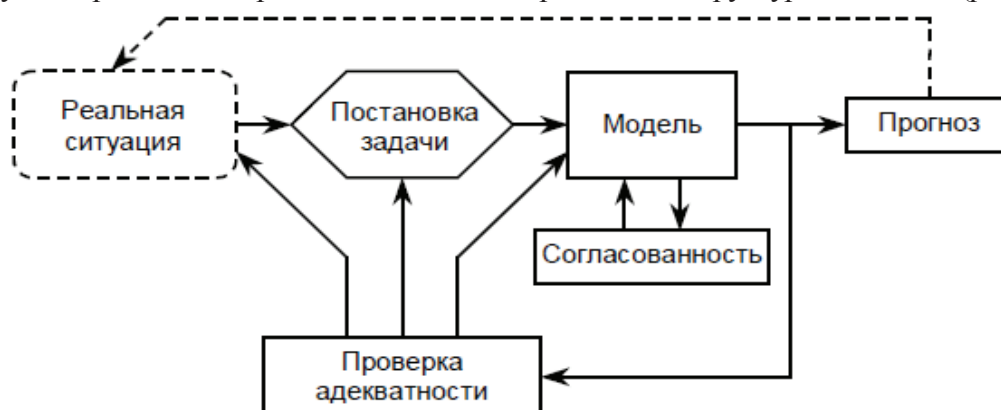


Рисунок 1 – Алгоритм моделирования транспортно-технологического оборудования

С учетом опыта многолетней эксплуатации отдельных видов основного технологического оборудования сахарных заводов, анализа перспективных направлений развития техники и созданной на кафедре технологического оборудования и систем жизнеобеспечения научной школы конструирования пищевого оборудования, предложена аппаратно-технологическая схема получения диффузионного сока из сахарной свеклы с производством гранулированного жома с применением следующих инновационных методов (рис. 2):

- УФ-обработка моечной воды для чистового струйного ополаскивания свеклы;
- электрохимическая активация (ЭХА) технологических сред при подготовке стружки и экстрагента к извлечению сока;
- электрообработка жомопрессовой воды (ЖПВ) в целях повторного использования в смеси со свежей питательной водой.

Рассмотрим подробнее отдельные виды разработанного на кафедре оборудования.

Очистку свеклы от загрязнений авторами предложено проводить в свекломоечном комплексе, спроектированном на базе свекломойки фирмы MAGUN (Франция) [4].

Процесс мойки сырья в указанном комплексе производится последовательно в три стадии:

1) очистка сырья от минеральных примесей (песка, камней, остатков почвы) с небольшим количеством отработанной и очищенной на решетке 4 и гидроциклоне многокаскадного типа 5 воды в барабанной вибромойке;

2) основная стадия мойки в комбинированной свекломойке 2 [5,6] водой, прошедшей струйную мойку 3;

3) стадия чистового струйного ополаскивания в свекломойке 3 бактерицидной водой, электроактивированной в анодной камере электрохимического активатора (ЭХА) 10 и в озонаторе, содержащем источник УФ - излучения, выполненном в виде

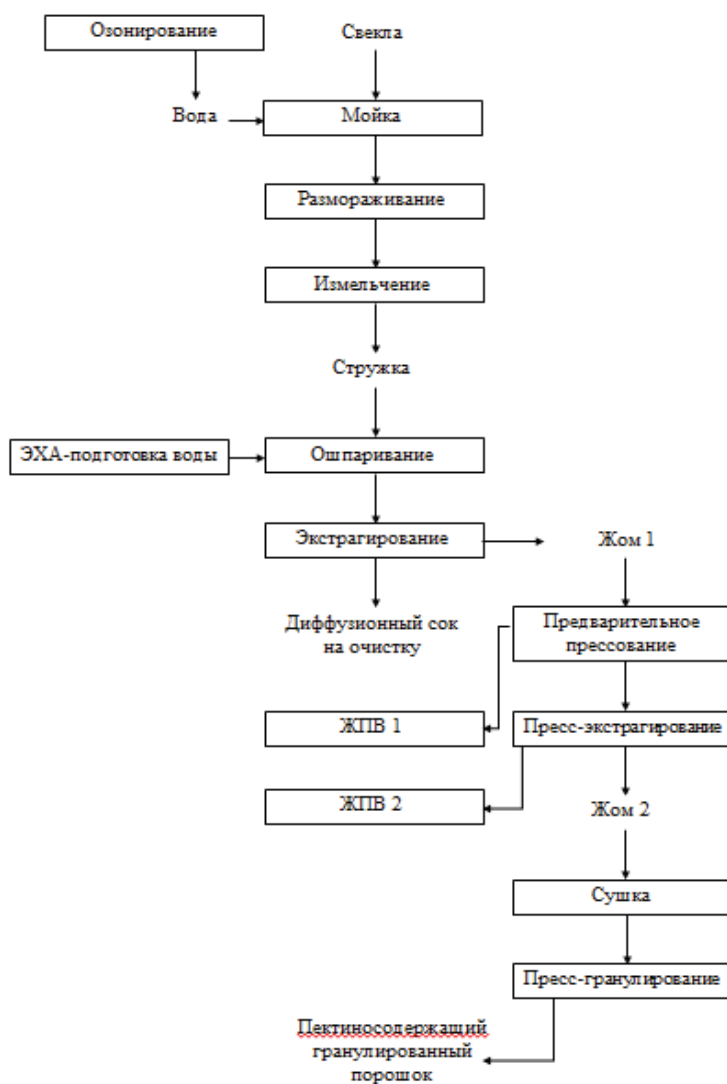
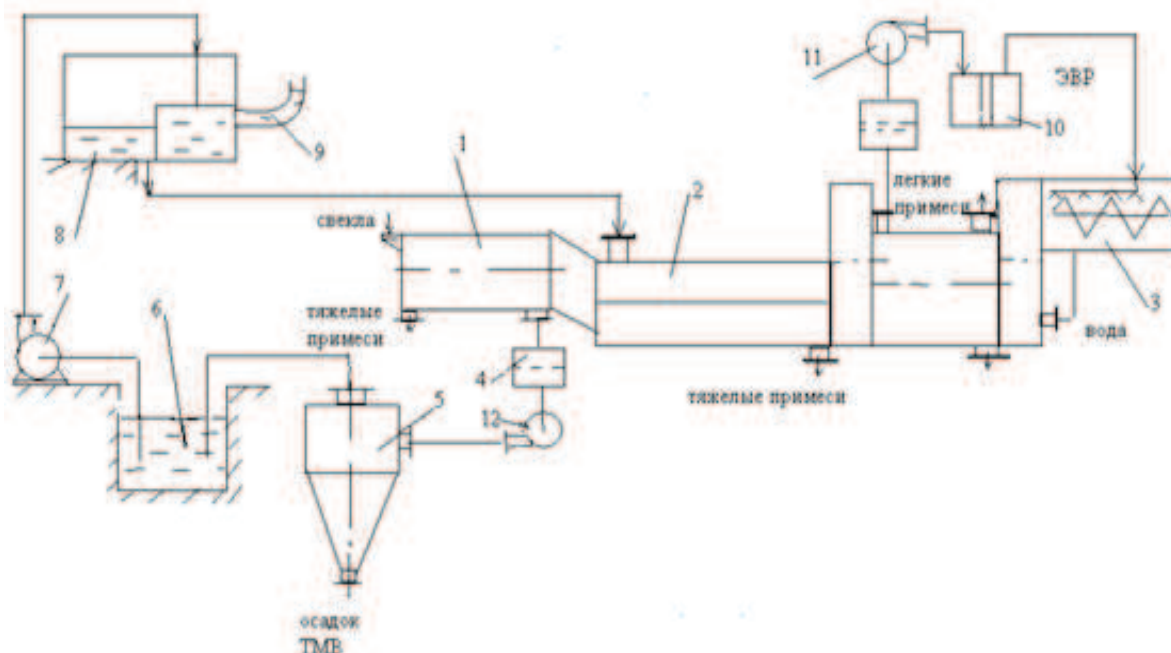


Рисунок 2 – Аппаратурно-технологическая схема получения диффузионного сока из сахарной свеклы и гранулированного жома

бактерицидной СВЧ - газоразрядной лампы. В зоне анодного электрода озонатора помещается источник УФ - излучения – бактерицидная лампа с нанесенным на ее наружную поверхность токопроводящим слоем с чередующимися промежутками для прохождения ультрафиолета. Бактерицидный эффект ополаскивающего раствора достигается за счет совместного электрохимического и ультрафиолетового воздействия на воду [7]. Проведенными расчетами установлено, что расход свежей воды на мойку в

предлагаемом моечном агрегате сокращается на 20 %, при этом эффект очистки свеклы от загрязнений достигает 90%.



1-барабанная моечная машина; 2 – комбинированная свекломойка; 3 –струйный шнековый свеклоополаскиватель; 4 –решетка; 5 – гидроциклон; 6 – бак оборотной воды; 7,11,12-насос; 8 – напорный бак; 9 – пьезометр; 10- ЭХА+УФ –активатор

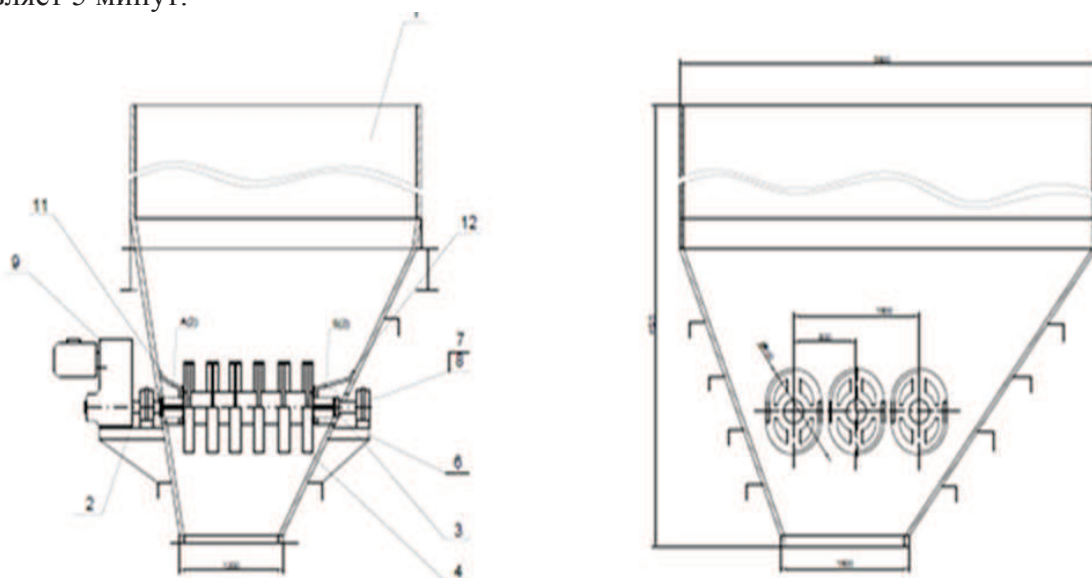
Рисунок 3 – свекломоечный агрегат

Дополнительным резервом рационального водоиспользования является жомопрессовая вода. Проведенные сравнительные экспериментальные исследования свойств производственной и электрообработанной ЖПВ позволяют заключить, что после фильтрации вода, прошедшая ЭХА, может быть повторно использована в смеси со свежей питательной водой [8].

Отличным от традиционной технологии этапом в представленной на рис. 2 схеме является процесс размораживания свеклы. Для заводов ЮФО России хранение сырья при низких температурах возможно в конце сезона переработки. В центральной, восточной и северной зонах свеклосеяния заморозки наступают в октябре-ноябре, что создает дополнительные трудности, связанные с размораживанием, транспортированием и получением стружки. На сахарных заводах США, в целях сокращения потерь сырья свекла хранится в замороженном состоянии при непрерывной продувке кагатов холодным воздухом. Поэтому размораживание поступившей на переработку свеклы является типовой стадией процесса производства. В данной работе впервые сделана попытка включения в общую аппаратно-технологическую схему переработки свеклы конструкцию ворошителя – измельчителя (рис.4), который предотвращает слипание смёрзшихся корней и тем самым исключает возможность внезапной остановки свеклорезки вследствие попадания льда на диффузионные ножи [9]. Расчеты показали соответствие параметров машины эксплуатационным требованиям, включая простоту конструкции, легко собираемую из унифицированных и стандартных деталей, легкость монтажа в период заморозков.

Ключевое место в представленной на рис. 2 предложенной схеме занимает оборудование диффузионного отделения – подготовки стружки (ошпаривание ЭХА-раствором) и экстрагента и проведение процесса экстрагирования сахарозы.

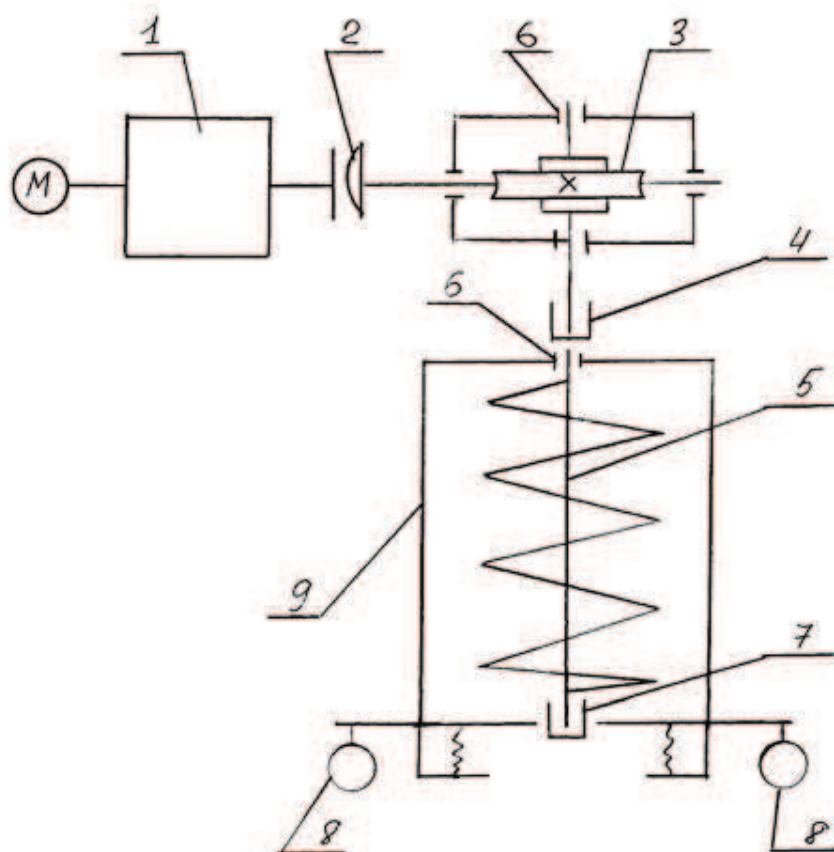
Теоретическим и экспериментальным исследованиям и апробации данного процесса посвящены работы авторов [10-11]. При тепловой обработке стружки ЭХА-раствором помимо нагревания вызывает сложные структурно-механические и физико-химические изменения, связанные с упрочнением клеточной ткани и объемным проникновением теплоты. Результатом проведенных исследований является разработка вертикального шнекового ошпаривателя, монтаж которого производится в головной части диффузионного аппарата (рис.5) [12]. Пар подается в пульсирующем режиме через центробежные форсунки с завихренными потоками, закрепленные на коллекторе по высоте корпуса. Шнековый трубовал работает с частотой вибрации в вертикальной плоскости 12-24 Гц. Расчетное время обработки стружки до 80°C составляет 5 минут.



1- бункер; 2- вал редуктора; 3-вал с продольным пазом; 4-вал кулачковый; 5- кулачок; 6-рама; 7-подшипниковая опора; 8-подшипник; 9- мотор-редуктор; 10-муфта; 11-защитный кожух меньший; 12- защитный кожух больший; 13- защитная пластина

Рисунок 4 - Общий вид ворошителя– измельчителя

Известно, что для интенсификации процесса экстракции сахара следует увеличить коэффициент внутренней диффузии. Совместное применение таких методов электро-технологии как импульсный электроплазмолиз и ЭХА экстрагента увеличивает приведенный коэффициент диффузии сахара более чем на 20 %, а модуль упругости электро-плазмолизованной свеклы по сравнению с термоплазмолизованной на треть [13]. Следовательно, при проведении процесса экстрагирования сахара с применением указанных выше электротехнологических методов в целом возрастает эффективность процесса за счет сокращения потерь сахара в жоме и неучтенных потерь сахара на диффузии. Это обстоятельство оказывает положительное влияние на расход извести и газа при последующей очистке диффузионного сока. Методами математического моделирования определены размеры рабочих органов машин и режимы их движения. По результатам моделирования назначены оптимальные условия работы предложенного оборудования.



1-мотор-редуктор; 2- муфта; 3- червячная передача; 4 – муфта; 5 – трубовал;
6 – подшипник; 7 – подпятник; 8 – вибропривод; 9 – обечайка.

Рисунок 5 – Схема вертикального ошпаривателя

Выводы. На основе анализа действующего оборудования разработаны комплексная аппаратурно-технологическая схема и оборудование свекломоечного, диффузионного и жомопрессового отделений основного технологического и вспомогательного оборудования типового сахарного завода производительностью 6,0 тыс. т переработанной свеклы в сутки с применением экологически безопасных электротехнологий. Предложенные установки позволяют увеличить выход сахара за счет сокращения его неучтенных потерь, снизить расход воды на мойку сырья и сократить затраты электроэнергии на подготовку экстрагента.

Литература

1. <https://zen.yandex.ru/media/id/5cbcd355ae6cb600af8706b5/stranylidery-po-proizvodstvu-saharnoi-svekly-5e04921b2b616900b081f233>
2. Михайлушкин П.В. Состояние и тенденции развития свеклосахарного производства в России // Экономика сельского хозяйства России. 2012. № 11. С. 56-72.
3. Кубланов М.С. Математическое моделирование. Методология и методы разработки математических моделей механических систем и процессов. Часть I. Моделирование систем и процессов: учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2004. – 108 с.
4. Степанова Е.Г., Рубан В.С., Васильев А.В. Интенсификация мойки сахарной свеклы в свекломоечном агрегате // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2009. № 4 (310). С. 77-79.

5. Степанова Е.Г., Орлов Б.Ю., Печерица М.А. Применение электрохимической технологии в процессе мойки сахарной свеклы. В книге: Сборник тезисов докладов участников пула научно-практических конференций. Государственная организация высшего профессионального образования «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского»; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Керченский государственный морской технологический университет»; Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Луганской Народной Республики «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко». 2020. С. 21-22.

6. Коваленко М.И., Степанова Е.Г. Секционная свекломойка. Патент на полезную модель RU 52672 U1, 27.04.2006. Заявка № 2005139341/22 от 15.12.2005.

7. Володько Л.Е., Мгебришвили Т.В., Медведев О.К., Алехин С.А. Бактерицидное действие электрохимически обработанных систем // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 1992. № 2. С. 30-32.

8. Степанова Е.Г., Кошечая С.Е., Грачев Н.А., Печерица М.А. Влияние электрообработки на физические свойства жомопрессовой воды.- Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции : сб. ст. по материалам VI Междунар. науч.- практ. конф., / отв. за вып. А. В. Степовой. – Краснодар: КубГАУ, 2020. С. 309-311.

8. Степанова Е.Г., Андреевский Д.А., Давыдов Д.А., Грачев Н.А. Моделирование механических свойств сахарной свеклы при размораживании. В сборнике: Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности. Сборник научных статей по итогам четвертой международной научной конференции. 2020. С. 237-239.

10. Степанова Е.Г. Интенсификация процесса экстрагирования сахара из свекловичной стружки с использованием метода электрохимической активации. Автореферат дис. ... кандидата технических наук / гос. технол. ун-т. Краснодар, 1994.

11. Степанова Е.Г. Применение электротехнологии в производстве сахара из свеклы // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2007. № 1 (296). С. 61-62.

12. Степанова Е.Г., Гальченко А.С., Гальченко С.Г. Ошпариватель свекловичной стружки. Патент на изобретение RU 2332466 C1, 27.08.2008. Заявка № 20071108174/13 от 05.03.2007.

13. Степанова Е.Г., Белина Н.Н., Никонов О.И., Печерица М.А. Анализ факторов, влияющих на эффективность экстрагирования сахара из свеклы с применением методов электротехнологии. В сборнике: Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности. Сборник научных статей по итогам четвертой международной научной конференции. 2020. С. 257-263.

14. Степанова Е.Г., Шабанов Ф.Ю. Прессово-диффузионная установка для экстрагирования пектина. Патент на полезную модель RU 66336 U1, 10.09.2007. Заявка № 2007117158/22 от 07.05.2007.

15. Степанова Е.Г., Кошечая С.Е., Печерица М.А., Грачев А.Н. Разработка оборудования по утилизации отходов свеклосахарного производства. В сборнике: Механика, оборудование, материалы и технологии. Электронный сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции. Редакционная коллегия: Литвинов А.Е., Плоmodityа Р.Л., Коновалова Т.В., Гукасян А.В., Война А.А., Вольченко Н.А. 2019. С. 459-462.