

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

На правах рукописи



ЗОБОВА Светлана Николаевна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ
СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА НА ПРЕССЕ ГЛУБОКОГО ОТЖИМА**

Специальность 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук,
доцент Л. Н. Фролова

Воронеж – 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. Анализ современного состояния производства	
гранулированного сушеного свекловичного жома.....	15
1.1 Характеристика свекловичного жома, как объекта исследования.....	15
1.2 Анализ используемых технологий прессования и гранулирования свекловичного жома.....	22
1.3 Обзор оборудования для прессования и гранулирования свекловичного жома	30
1.4 Обзор оборудования для гранулирования свекловичного жома.....	38
1.5 Анализ основных закономерностей процесса гранулирования.....	51
1.6 Анализ литературного обзора, формулировка цели и основных задач исследования.....	65
Глава 2. Экспериментальные исследования процесса	
прессования свекловичного жома.....	68
2.1 Экспериментальная установка и методика проведения экспериментов.....	68
2.2 Кинетические закономерности процесса прессования свекловичного жома	73
2.3 Разработка математической регрессионной модели	
процесса прессования свекловичного жома на прессе	
глубокого отжима	75
2.4 Исследование показателей качества жомопрессовой воды от степени прессования свекловичной стружки.....	81
Глава 3. Математическое моделирование процесса прессования свекловичного жома в двухшнековом прессе	84

3.1	Постановка задачи	84
3.2	Решение математической модели процесса отжима жомопрессовой воды из свекловичного жома при прессовании в двухшнековом прессе	85
3.3	Проверка на адекватность полученного решения.....	89
Глава 4. Комплексная оценка качества прессованного свекловичного жома		91
4.1	Исследование динамики изменения показателей качества и физико-химических показателей свекловичного жома в процессе прессования.....	91
4.2	Исследование химического состава сырого, прессованного и сушеного свекловичного жома.....	93
4.3	Определение органолептических, физико-химических показателей сушеного жома, содержания инородных и металломагнитных примесей.....	94
4.4	Изучение влияния условий и сроков хранения на качество сухого гранулированного свекловичного жома	98
Глава 5. Практическая реализация результатов исследований		101
5.1	Разработка технологической линии производства гранулированного свекловичного жома с использованием кормовых добавок.....	101
5.2	Разработка методики инженерного расчета пресса для свекловичного жома.....	107
5.3	Пример расчета пресс-гранулятора с кольцевой матрицей.	115
5.4	Разработка комбинированного пресс-гранулятора.....	120
Основные выводы и результаты		127
Библиографический список.....		129
Приложения.....		145

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность избранной темы. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», определяет в качестве приоритетных на ближайшие 10-15 лет направления научно-технологического развития Российской Федерации, которые позволят получить научные и научно-технические результаты и создать технологии, являющиеся основой инновационного развития внутреннего рынка продуктов и услуг и обеспечат устойчивое положение России на внешних рынках [120, 121].

В 2016-2019 гг. в стране наблюдалось перепроизводство сахара, при этом посевные площади сахарной свеклы в этот период находились на уровне 1,1-1,2 млн га. В результате в 2019 году производство сахара достигло 7,3 млн т, что было на 20,2 % выше показателя 2016 г. (рисунок 1).

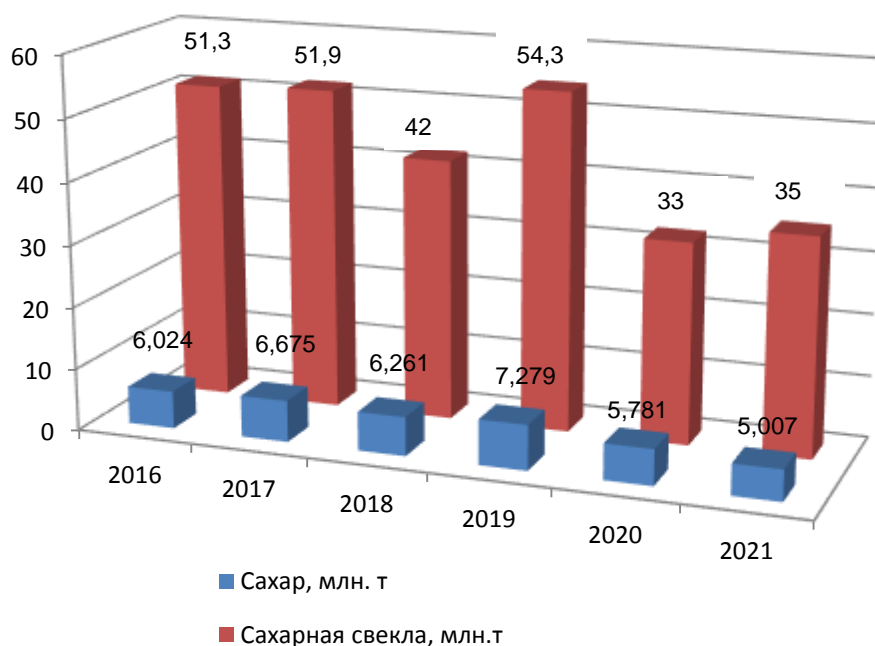


Рисунок 1. – Динамика производства сахара и сахарной свеклы в России в 2016-2021 гг., тыс. т

Цена на сахар вследствие его избытка на рынке и высокой конкуренции за покупателей существенно снизилась, что негативно отразилось на рентабельности сахарных заводов и производителей свеклы. В этой связи некоторые сахарные заводы предпочли приостановить производственную деятельность, чем продолжать производить сахар и реализовывать его ниже себестоимости.

В 2020 г ситуация существенно изменилась, поскольку производители сахарной свеклы сократили посевные площади культуры на 19,1 %. В 2020 году российскими предприятиями было выпущено 5781791 т свекловичного сахара, что на 20,6 % меньше по сравнению с результатами 2019 года.

По данным Минсельхоза в РФ в 2021 году переработано 35087,2 тыс. т (на 21,3 % выше уровня прошлого года), выработано сахара 5007,3 тыс. т (на 8,3 % выше уровня прошлого года).

В связи со снижением поголовья крупного рогатого скота (в 2021 численность коров составила 7,7 млн. голов) существенно сократилось потребление жома, который входил в состав рациона их питания, что в свою очередь привело к возникновению экологической проблемы по утилизации сырого жома.

Однако сокращение объемов переработки сахарной свеклы в Европе привело к увеличению экспорта сухого гранулированного жома в страны Западной Европы: с 2018 г. по 2021 г. его экспорт из России возрос на 31 % [3, 100, 101].

Сухой гранулированный жом является важным компонентом при производстве комбикормов для сельскохозяйственных животных (коров, бычков, баранов, овец и т.д.). Высокая кормовая ценность сушеного жома обусловлена тем, что 100 кг (86 % сухих веществ) содержат 4 кг перевариваемого белка, а это равноценно 84 кормовым единицам.

Важным моментом в технологии получения сухого жома является энергетическая составляющая: для сушки прессованного жома с начальной

влажностью 82,5-83 % до конечной влажности 14 % затраты газа составляют около 90 %. Поэтому снижение начальной влажности прессованного жома даже на несколько процентов позволит существенно сократить расход природного газа на его сушку.

Более полное обезвоживание жома при механическом прессовании значительно снижает энергозатраты на сушку, а сокращение вследствие этого продолжительности сушки приводит к улучшению показателей качества высушенного жома [42, 48, 50, 52].

Отжатие свекловичного жома на европейских сахзаводах до влажности 65-70 % позволяет снизить расход топлива на его сушку до 30 % условного топлива к массе сухого жома, в то время как на сахарных заводах России отжимают жом до влажности 82-86 %, а расход условного топлива к массе сухого жома составляет 50 % [1, 54, 57, 59].

Использование на отечественных сахзаводах прессов ПСЖН-68 получает жом с влажностью 89-91 %, а применение прессов ГХ-2 – до влажности 82-86 %. Только в последние пять-семь лет отечественные сахзаводы стали устанавливать прессы глубокого отжима для отжатия свекловичного жома до влажности 65-70 %. Их применение позволяет сократить расход газа на сушку жома в 2,1–2,4 раза [69, 79].

Ведущими производителями прессов глубокого отжима являются такие зарубежные фирмы, как Babbini (Италия), ВМА (Германия), Mercier (Испания), Atlas-Stord Norway AS (Норвегия) [97, 105, 111, 112, 126, 127].

Для комплексной переработки постоянно увеличивающихся объемов производства свекловичного жома необходимо внедрение новых технологий прессования и разработка новых видов прессов глубокого отжима [40, 115].

Научная работа проводилась в соответствии с планом госбюджетной НИР кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств ФБГОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий».

Степень разработанности темы. Совершенствование процесса производства сухого гранулированного жома продолжает оставаться объектом пристального изучения многих ученых.

Теоретические основы технологии, направленной на снижение энергоемкости производства сухого гранулированного жома отражены в работах Авророва В.А., Вайстиха Г.Я., Дарманьяна П.М., Классена П.В., Круглика С.В., Казакова К.В., Славянского А.А. и др.

Несмотря на некоторые научные достижения в области прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима важной остается проблема подбора переменных кинематических режимов с обоснованием рациональных параметров процесса отжима жомопрессовой воды, обеспечивающей снижение энергозатрат.

Поэтому комплексное исследование процесса прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима при переменных кинематических режимах является актуальной задачей.

Известны достижения отечественных и зарубежных ученых в области прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима, которые отражают применение лишь отдельных аспектов процесса прессования жома.

Однако до сих пор не существует общепризнанного методологического подхода, который бы учитывал целесообразность применения переменных кинематических режимов работы прессов глубокого отжима свекловичного жома.

Цели и задачи. Цель диссертационной работы – развитие научно-практических основ процесса прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима при переменных кинематических режимах; разработка конструкции комбинированного пресс-гранулятора и перспективной технологии, направленной на снижение энергозатрат.

В соответствии с целью решались **следующие задачи:**

– исследование кинетических закономерностей процесса прессова-

ния свекловичного жома на прессе глубокого отжима при переменных кинематических режимах с обоснованием рациональных параметров процесса отжима жомопрессовой воды;

– математическое моделирование процесса прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима при переменных кинематических режимах, разработка методики инженерного расчета пресс-гранулятора для свекловичного жома; разработка методики инженерного расчета пресс-гранулятора с кольцевой матрицей;

– разработка конструкции комбинированного пресс-гранулятора, состоящего из последовательно соединенных наклонного трехзонного шнекового пресса и гранулятора с плоской матрицей реализующий высокую

– разработка переменных кинематических режимов работы пресса глубокого отжима, технологической линии производства гранулированного

– комплексная оценка химического состава, физико-химических свойств и показателей качества свекловичного жома;

– проведение промышленной апробации и производственных испытаний разработанных переменных кинематических режимов работы пресса глубокого отжима.

Научная новизна. Разработана перспективная технология глубокого отжима свекловичного жома на двухшнековых прессах при переменных кинематических режимах, направленная на снижение содержания влаги и сокращения энергозатрат при гранулировании и сушке жома.

Выявлены кинетические закономерности процесса прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима при переменных кинематических режимах с обоснованием рациональных параметров процесса отжима жомопрессовой воды.

Разработана математическая регрессионная модель процесса прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима, которая описыва-

ет изменение содержания сахара в жоме и его кормовой ценности в зависимости от кислотности и влажности жома, а также от длины свекловичной стружки.

Получена математическая модель процесса прессования свекловичного жома в двухшнековом прессе глубокого отжима, позволяющая опре-

Установлен характер влияния переменных кинематических режимов на физико-химические свойства и показатели качества свекловичного жома и жомопрессовой воды.

На предложенные технические решения поданы 2 заявки на патенты РФ (заявка № 2021116172 «Технологическая линия производства гранулированного свекловичного жома с использованием кормовых добавок» и № 2021117758 «Комбинированный пресс-гранулятор»).

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость диссертационного исследования обусловлена комплексным анализом процесса прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима при переменных кинематических режимах. Выявленные теоретические подходы и полученные результаты могут быть использованы при проведении научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы на сахарных заводах.

Определены и обоснованы рациональные технологические режимы процесса прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима при переменных кинематических режимах, обеспечивающие снижение конечной влажности прессованного свекловичного жома, снижение удельных энергозатрат и повышение качества жомопрессовой воды.

Разработана конструкция комбинированного пресс-гранулятора, состоящего из наклонного трехзонного шнекового пресса и гранулятора с плоской матрицей, обеспечивающая высокую эффективность отжатия жидкой фазы из свекловичного жома.

Разработана новая технология прессования свекловичного жома на

прессе глубокого отжима при переменных кинематических режимах. Разработана технологическая линия производства гранулированного свекловичного жома с использованием кормовых добавок.

Выполнены методики инженерного расчета пресс-гранулятора для свекловичного жома и пресс-гранулятора с кольцевой матрицей, позволяющая рассчитать основные кинематические параметры процесса и конструктивные размеры проектируемых видов оборудования.

Годовой экономический эффект от внедрения предлагаемых технических решений на СП «Боринский сахарный завод» и СП «Хмелинецкий сахарный завод» АО «АПО «Аврора» составит 557,37 млн. р.

Практическая ценность. Определены и обоснованы рациональные технологические режимы процесса прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима при переменных кинематических режимах с обоснованием рациональных параметров процесса отжима жомопрессовой воды.

Разработаны методики инженерного расчета пресс-гранулятора для свекловичного жома и пресс-гранулятора с кольцевой матрицей, позволяющая рассчитать основные кинематические параметры процесса и конструктивные размеры проектируемых видов оборудования.

Выполненная комплексная оценка химического состава, физико-химических свойств и показателей качества свекловичного жома позволила оценить повышенную кормовую ценность жома.

Разработана конструкция комбинированного пресс-гранулятора, состоящего из наклонного трехзонного шнекового пресса и гранулятора с плоской матрицей, обеспечивающая высокую эффективность отжатия жидкой фазы из свекловичного жома.

Разработана технологическая линия производства гранулированного свекловичного жома с использованием кормовых добавок.

Достоверность научных разработок подтверждена актами производственной апробации и промышленного производства прессованного жома

на СП «Боринский сахарный завод» и СП «Хмелинецкий сахарный завод» АО «АПО «Аврора».

Положения, выносимые на защиту:

– выявленные кинетические закономерности процесса прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима при переменных кинематических режимах с обоснованием рациональных параметров процесса отжима жомопрессовой воды;

– математическая регрессионная модель процесса прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима, описывающая изменение содержания сахара в жоме и его кормовой ценности в зависимости от кислотности и влажности жома, а также от длины свекловичной стружки;

– математическая модель процесса прессования свекловичного жома в двухшнековом прессе глубокого отжима, позволяющая определить силовые и энергетические параметры процесса;

– конструкция комбинированного пресс-гранулятора, состоящего из последовательно соединенных наклонного трехзонного шнекового пресса и гранулятора с плоской матрицей, и технологическая линия производства гра-

– перспективная технология глубокого отжима свекловичного жома на двухшнековых прессах при переменных кинематических режимах, направленная на снижение содержания влаги и сокращение энергозатрат при гранулировании и сушке жома.

Методология и методы диссертационного исследования. Методология диссертации включает в себя комплекс общенаучных и частнонаучных методов познания.

Теоретической основой представляемой работы являются труды таких известных ученых в области процессов прессования и гранулирования свекловичного жома, в частности, как работы Авророва В.А., Круглика С.В., Вайстиха Г.Я., Дарманьяна П.М., Казакова К.В., Классена П.В., Славянского А.А. и др.

В качестве объекта исследования был использован свекловичный жом.

Использование таких современных методов, как атомно-абсорбционной спектроскопии, высокоэффективной газовой хроматографии, ИК - спектроскопии, капиллярного электрофореза, кислотного гидролиза и др. позволили определить показатели качества свекловичного жома и характер изменения его химического состава на различных стадиях его обработки.

Экспериментальные исследования процесса прессования свекловичного жома проведены на Боринском сахарном заводе, теоретические – в Воронежском государственном университете инженерных технологий, а показатели качества свекловичного жома и его химический состав – в Липецкой испытательной лаборатории химико-токсикологическим отделом (уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц RA.RU.21ВЛ03).

Методическое обеспечение и созданные в результате исследований оригинальные конструкция пресса-гранулятора и компоновка технологической линии не противоречат известным апробированным методикам проектирования.

Выполненное обобщение с помощью классических и новых аналитических методов изучения процесса прессования свекловичного жома позволило сформулировать соответствующие выводы, представленные в работе.

Разработка и решение математической модели процесса прессования свекловичного жома проводились с использованием современных компьютерных программ, приборов и экспериментального пресса.

Степень достоверности. Приведенные выводы и рекомендации основываются на фундаментальных законах и не противоречат им.

Достоверность исследований и результатов проведенных исследований базируется на использовании апробированных математических методов.

Полученные расчетные соотношения подвергнуты тщательной экспериментальной проверке, среднеквадратичное отклонение не превышало 12,7 %.

При этом соискатель опирается на полученные им экспериментальные данные и полученные кинетические закономерности процесса прессования свекловичного жома.

Все научные положения, выводы и рекомендации, изложенные в диссертации, обоснованы и подтверждены экспериментальными исследованиями и материалами, которые полностью соответствуют данным протоколов опытов.

Основные положения, выводы и рекомендации одобрены при выступлениях диссертанта на научно-технических конференциях.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных научно-технических конференциях: (Воронеж, 2020, 2021), (Курск, 2021), (Красноярск, 2021), (Пермь, 2021). Результаты работы демонстрировались на VI Международной выставке изобретений и инноваций имени Н.Г. Славянова (Воронеж, 2021), X Агропромышленном конгрессе (Воронеж, 2021), по итогам которых работа награждена дипломами.

Соискатель – заслуженный работник сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Липецкой области, награжден почетной грамотой Минсельхоза России, отмечен благодарственными письмами Минсельхоза России, областного Совета депутатов и администрации Липецкой области.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 работ, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, и 6 тезисов докладов на научно-технических конференциях различного уровня.

Автор выражает признательность научному руководителю доктору технических наук Фроловой Ларисе Николаевне за консультации и замечания, сделанные при выполнении диссертационной работы, а также выражает признательность коллективу кафедры ТЖ,ПАХПП «ВГУИТ» за поддержку и эффективное сотрудничество.

Глава 1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГРАНУЛИРОВАННОГО СУШЕНОГО СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА

1.1 Характеристика свекловичного жома, как объекта исследования

Свекловичный жом, составляя до 80 % от массы перерабатываемой сахарной свеклы, является важным источником для комбикормовой промышленности и производства пектина. Основными компонентами сухих веществ жома являются пектиновые вещества – 48-50 %, целлюлоза – 22-25 %, гемицеллюлоза– 21-23 %, азотистые вещества – 1,8-2,5 %, зола – 0,8-1,3 %, сахар – 0,15-0,20 % [8, 46, 96, 117].

Свекловичный жом по содержанию безазотистых веществ опережает сено и содержит практически такое же их количество, как овес [14, 20, 49, 62, 64].

Выходящий из диффузионного аппарата свекловичный жом содержит во внутриклеточном и межклеточном пространстве водный раствор с незначительным содержанием сахара – до 0,2 %.

Свекловичная стружка имеет следующий диапазон размеров: длина от 20 до 70 мм, толщина от 1 до 2 мм и ширина от 2 до 4 мм). Отличительной особенностью последующего процесса прессования жома является удаление, в основном, физико-механической влаги. При отжиме влаги из сырого жома она распределяется примерно следующим образом (в % к массе влаги в сыром жоме):

- не удаляемая механически (адсорбционная внутриклеточная, капиллярная)	20,0
- удаляемая механически	80,0
в том числе:	
- удаляемая легко (влага смачивания)	23,5
- удаляемая с умеренными затратами энергии	45,0
- удаляемая с повышенными затратами энергии	11,5

При отжати свекловичного жома в нем остается приблизительно 86-90 % влаги, при его прессовании – 78-82 % влаги, при глубоком прессовании – до 65 % влаги; а при высушивании – до 12 % влаги.

Химический состав свежего (после диффузионного аппарата), отжатого (после пресса) и кислого жома представлен в таблице 1.1.

Т а б л и ц а 1.1 – Химический состав жома на разных стадиях обработки (% к массе жома)

Показатели	Жом свежий	Жом отжатый	Жом кислый
Сухое вещество	6,0-9,0	14,0-20,0	11,0-15,0
Вода	91,0-94,0	80,0-86,0	85,0-89,0
Сырой протеин	1,2-1,5	1,7-1,9	1,3-2,6
Сырая клетчатка	3,5-4,5	5,0-7,0	2,8-4,2
Безазотистые экстрактивные вещества	4,3-6,0	8,5-10,0	2,7-5,8
Зола	0,6-1,0	1,1-1,4	0,7-1,8
Жир	0,4-0,7	0,6-0,9	0,7-1,0
Количество кормовых единиц* в 100 кг жома	6-9	15-20	9-11

*Единица измерения и сравнения питательности кормов, равная питательности 1 кг овса.

Свекловичный жом на выходе из диффузионного аппарата имеет в своем составе от 7 до 8 % СВ и приблизительно 92 % воды.

При переработке 100 кг свежей свеклы получается 83 кг свежего жома или 36 кг прессованного жома с содержанием СВ = 15 % или около 5 кг сушеного жома.

В основном жом используется в качестве кормовой добавки для различных видов сельскохозяйственных животных (коровы, быки, овцы, бараны и т.п.) (рисунок 1.1). [4, 10, 12, 13, 119]. Он может скармливаться животным в свежем, кислом или сушеном виде.

Однако наиболее предпочтительным видом жома является сухой гранулированный жом с содержанием СВ = 12-14 % из-за удобства хранения, сохранения его пищевой ценности и удобства транспортирования к местам потребления (животноводческим комплексам и комбикормовым заводам).

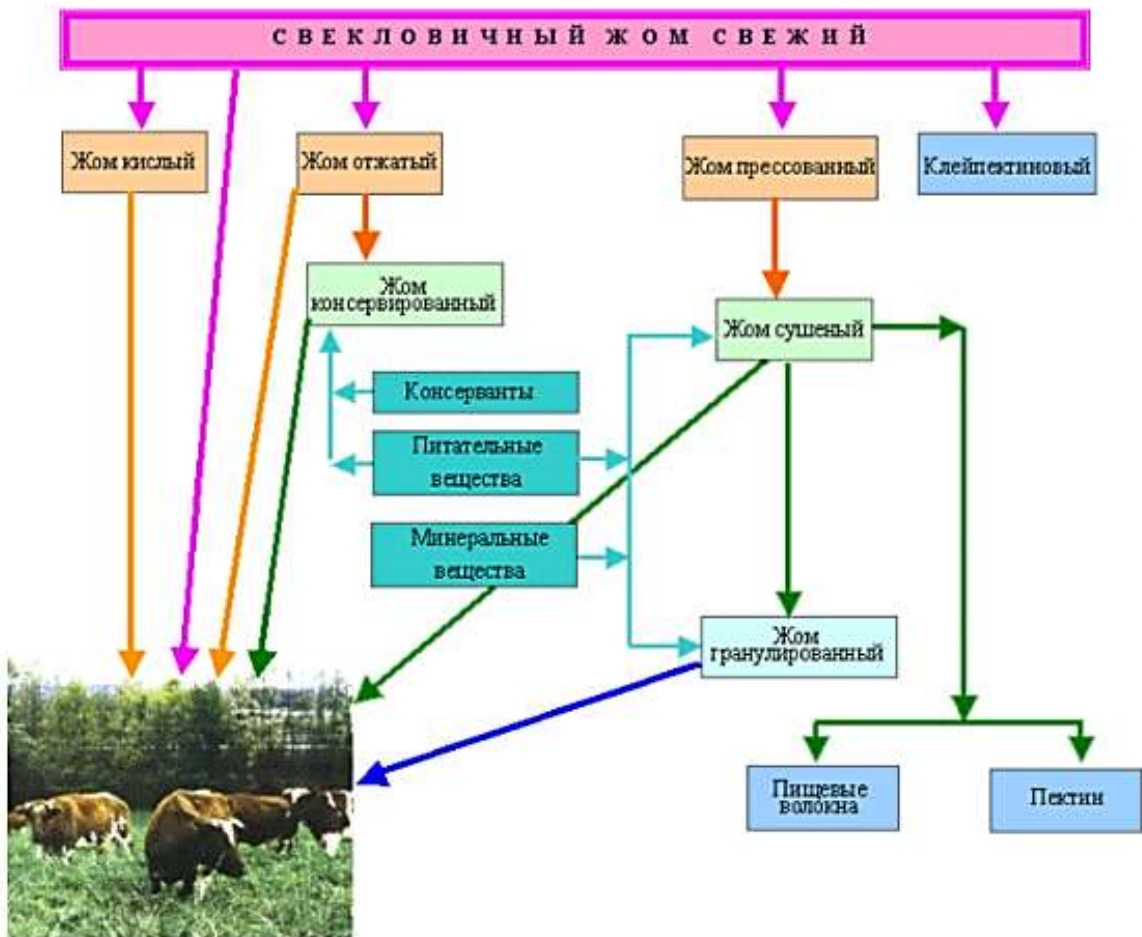


Рисунок 1.1. – Схема использования жома

Однако стоимость сухого гранулированного жома по сравнению с отжатым или кислым, существенно выше из-за энергозатрат, затрачиваемых для его высушивания. Для снижения его стоимости и сокращения расхода теплоносителя (природного газа) на высушивание целесообразно увеличить объемы жомопрессовой воды, удаляемой из свежего жома при помощи прессов глубокого отжима, которые позволяют довести содержание сухих веществ в отжатом жоме до 18-25 %. Для увеличения лёгкости

обращения и сухого хранения, жом обычно (95 %) гранулируется с добавлением мелассы [15, 19, 22, 47, 65].

При высушивании необходимо стремиться к тому, чтобы конечная влажность жома составляла 12-14 %.

Если влажность жома будет превышать 14 %, то из-за повышенного содержания влаги в нем в период хранения может развиваться патогенная микрофлора, вызывающая порчу жома и ухудшающее его качество.

И наоборот, при пересушивании жома, например до влажности менее 10 %, он крошится с образованием мелочи и пыли, а также плохо гранулируется.

Сушеный жом при низкой влажности может поглощать влагу из окружающего воздуха, а при высокой влажности – испарять в окружающий воздух до достижения равновесного состояния (таблица 1.2).

Т а б л и ц а 1.2 – Примерный химический состав сушеного жома (количество в % к массе)

Показатели	Сушка дымовыми газами		Сушка паром	
	натурального жома	сухих веществ	натурального жома	сухих веществ
Вода	12,0	-	12,0	-
Сухие вещества	88,0	100,0	88,0	100,0
в том числе:				
Зола и песок	5,6	6,4	4,0	4,5
Азотистые вещества	3,6	4,1	4,2	4,8
Клетчатка сырая	17,6	20,0	20,5	23,3
Безазотистые экстрактивные вещества	61,2	69,5	59,3	67,4

Свекловичный жом представляет собой высоложенную свекловичную стружку, содержащую около 6-7,5 % сухих веществ, в том числе 0,2-0,4 % сахара. В состав свекловичного жома входят 2,7 % пектиновых веществ и арабана, 1,3 % клетчатки, 1,2 % гемицеллюлозы, 0,5 % белка, 0,2-0,4 % сахара, 0,3 % золы [95, 98]. Состав свекольного жома и его кормовой ценности приведены в таблице 1.3.

Т а б л и ц а 1.3. – Состав свекольного жома (в % на сухое вещество) и его кормовая ценность в сравнении с другими кормами

Составные части	Жом	Сено луговое	Солома пшеничная	Овес
Белки	8,0	9,4	3,3	10,4
Зола	4,0	7,1	5,9	3,1
Жиры	-	3,2	1,5	5,1
Клетчатка	22,0	35,7	44,8	12,1
Безазотистые экстрактивные вещества	66,0	44,6	44,5	69,3
Количество кормовых единиц на 1 кг	0,1*	0,49	0,22	1,0
Содержание перевариваемого белка в г	3	34	4	-

*Свежий жом.

Анализ приведенных в таблице 1.3 данных показывает, что свекловичный жом по содержанию азотистых веществ близок к луговому селу, а по содержанию легкоусваиваемых безазотистых экстрактивных веществ превосходит его почти на 50 %.

С учетом того факта, что крупный рогатый скот (КРС) при использовании свекловичного жома усваивает не только белки и сахар, но и пектиновые вещества, гемицеллюлозу и клетчатку, делает свекловичный жом важным компонентом при производстве полнорационных комбикормов [66, 91, 94, 118, 119].

В кормлении молочного скота на основе проведенных исследований применяют следующие максимальные дачи жома (таблица 1.4).

Т а б л и ц а 1.4 – Максимальные дачи жома в рационе молочного скота, кг

Жом	При производстве цельного молока	При маслоделии	При сыроделии
Свежий	35	30	16
Силосованный	16	20	8
Сушеный	5	3,5	2

Большое содержание воды в количестве 93-94 % в сыром жоме не только ухудшает его качество из-за развития микроорганизмов, но и существенно снижает его транспортабельность. Поэтому для того, чтобы не перевозить лишнюю воду на большие расстояния из сырого свекловичного жома, как правило, предварительножимают влагу.

Применение прессы ПЖС-57 позволяет отжать около 35 % воды из свежего свекловичного жома, увеличивая при этом содержание СВ до 9-10 %.

В результате длительного хранения сырого жома под влиянием микроорганизмов и факторов окружающей среды в нем происходят интенсивные ферментативные процессы, в результате которых он, подвергаясь биохимическим изменениям, превращается в кислый жом. При этом питательные вещества (сахара, пектиновые вещества и пр.), содержащиеся в жоме разлагаются с образованием органических кислот (молочной, масляной и уксусной). Все это приводит к ухудшению вкусовых качеств жома и появлению неприятного запаха. Поэтому длительное хранение жома приводит к снижению усвояемости сухих веществ и значительному ухудшению его питательных качеств. Так, в свежем жоме усваивается 70 % сухих веществ, а в кислом – лишь 55 %.

Добавление серной кислоты в процессе хранения жома увеличивает срок хранения кислого жома. Так, например, в Дании обработка свежего свекловичного жома серной кислотой из расчета 1,017 кг 92 %-ной серной кислоты на 1 т жома увеличивает срок хранения кислого жома.

Мелассный жом. Для получения мелассного жома в прессованный

жом перед его высушиванием добавляют до 30 % мелассы, нагретой до 80 °С. Ввод мелассы позволяет увеличить содержание сахара до 18-22 % в сухом гранулированном жоме.

Химический состав мелассного жома приведен в таблице 1.5.

Т а б л и ц а 1.5 – Химический состав мелассного жома, %

Составные части	Сушеный жом	
	обыкновенный	мелассный
Белки	8,31	7,61
Жиры	0,66	0,54
Клетчатка	23,05	18,34
Безазотистые экстрактивные вещества	65,59	68,96
Зола	2,39	4,55
Вода	7.81	9.48

Сева-жом. Отличительной особенностью получения сева-жома является то, что фильтрационный осадок, полученный из диффузионного сока с помощью небольшого количества извести после преддефектации направляется в отстойники, где он сгущается и очищается. Из сгущенной суспензии удаляют воздух и концентрированную суспензию фильтруют. Полученный осадок смешивают с подогретой мелассой, затем смесь разбрызгивают по отжатому жому и высушивают.

В ФРГ разработана технология получения кормовой добавки, в состав которой входят жом, дефекационный шлам и меласса. Она охраняет высокие питательные свойства в течение продолжительного срока хранения и содержит около 18 % сахара, около 13 % клетчатки, 5,5 % извести [101, 103, 104, 109, 110, 135, 141, 146, 151].

1.2 Анализ используемых технологий прессования и гранулирования свекловичного жома

Азрилевич М.Я. представил технологическую схему сахарного завода производительностью 25000 ц перерабатываемой свеклы в сутки (рисунок 1.2) [3, 4]. Выгружаемый из диффузионного аппарата жом с помощью элеватора 4 и шнека 7 направляется к прессам 6, в которых отжимается до содержания СВ = 12-14 %, и затем подается транспортером 5 в хранилище. Та часть жома, которая подлежит высушиванию, шнеком 7 направляется на вертикальные прессы 8 для отжатия жомопрессовой воды. Далее прессованный жом с влажностью 75-82 % шнеком 9 и питателем 10 подается в сушилку 15. В качестве теплоносителя используются газы, получаемые при сжигании мазута или природного газа с помощью горелок 13 в топке 14, в которую нагнетается вентилятором 12 воздух [13].

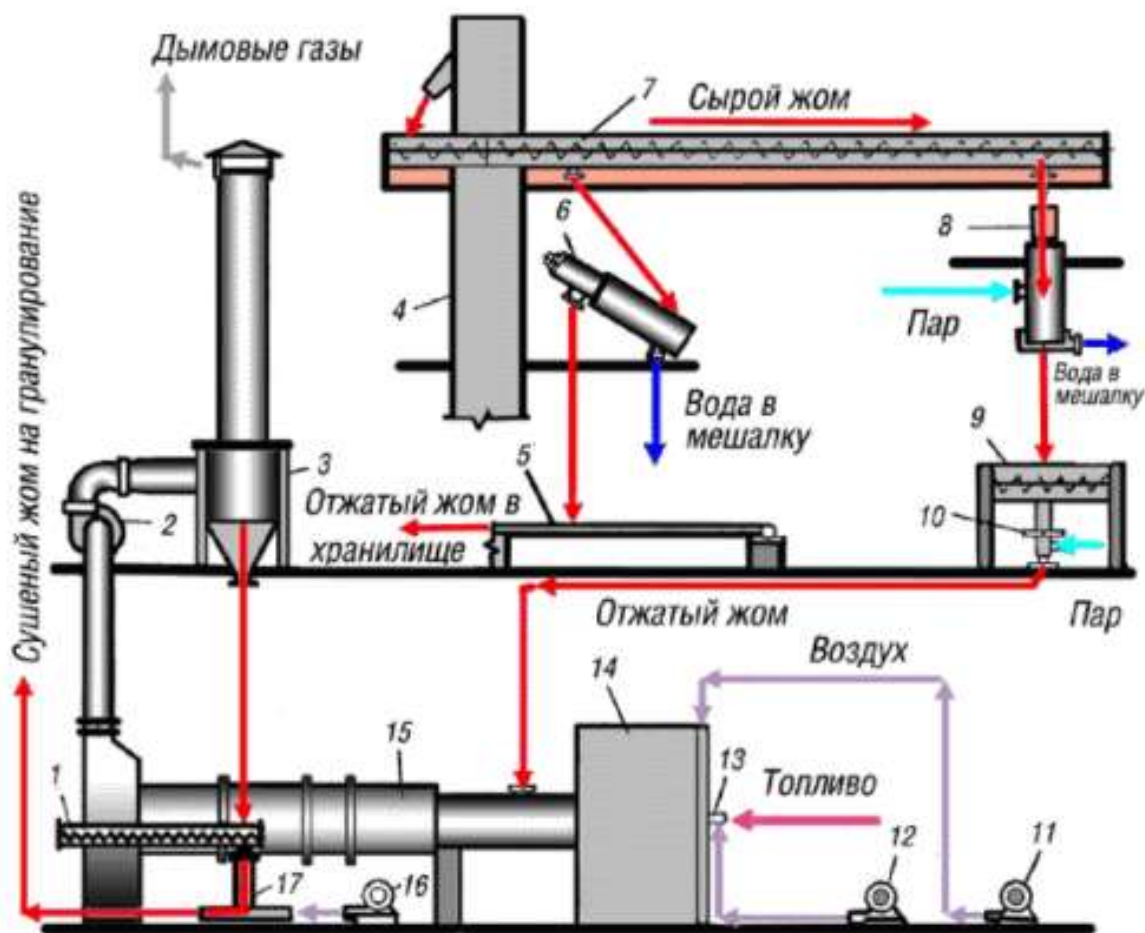


Рисунок 1.2 – Схема прессования и сушки жома

Воздух, подаваемый вентилятором 11, охлаждает стенки топки 14 и регулирует температуру дымовых газов до заданного значения.

Отработанный теплоноситель и испаренные пары воды отсасываются из сушилки 15 дымососом 2 и направляются в циклон 3 для очистки от частиц жома, которые удаляются шнеком 1.

Высушенный жом из сушилки 15 подается шнеком 1 в пневмотранспортную установку, состоящую из эжектора 17 и вентилятора 16, и направляется в склад на хранение.

Для повышения питательной ценности в высушенный жом дополнительно вводят мелассу, карбамид, сульфат натрия, обесфторенные фосфаты и микроэлементы.

Известна технологическая схема производства амидоминерального жома (рисунок 1.3) [3], в которой исходный жом с влажностью 12 % из бункера 1 подается на весы 2 и через бункер 3 – в дозатор 4, а из него поступает на винтовой конвейер 5.

Из бункера 6 с помощью дозатора 7 отмеренная порция обесфторенного фосфата также подается на винтовой конвейер 5. Затем полученная смесь жома и фосфата выгружается в бункер 9, далее очищается от ферромагнитных примесей на магнитной колонке 10 и поступает в смеситель 11.

Карбамид, хранящийся в бункере 21, растворяется в растворителе-подогревателе 22 и полученный раствор карбамида смешивается в смесителе 23 с мелассой, дозируемой из сборника 20. Полученная смесь мелассы с карбамидом насосом 24 перекачивается в смеситель 11, в котором все компоненты перемешиваются и поступают в пресс-гранулятор 12.

Полученные гранулы жома охлаждаются в охладителе 13 воздухом нагнетаемым вентилятором 15. Отработанный воздух из охладителя 13 направляется в циклон 8 для очистки от жомовой пыли.

Охлажденные в охладителе 13 гранулы подаются с помощью транспортера 14 и нории 16 на весы 17, и далее в накопительный бункер 18, из которого транспортером 19 перемещаются в склад.

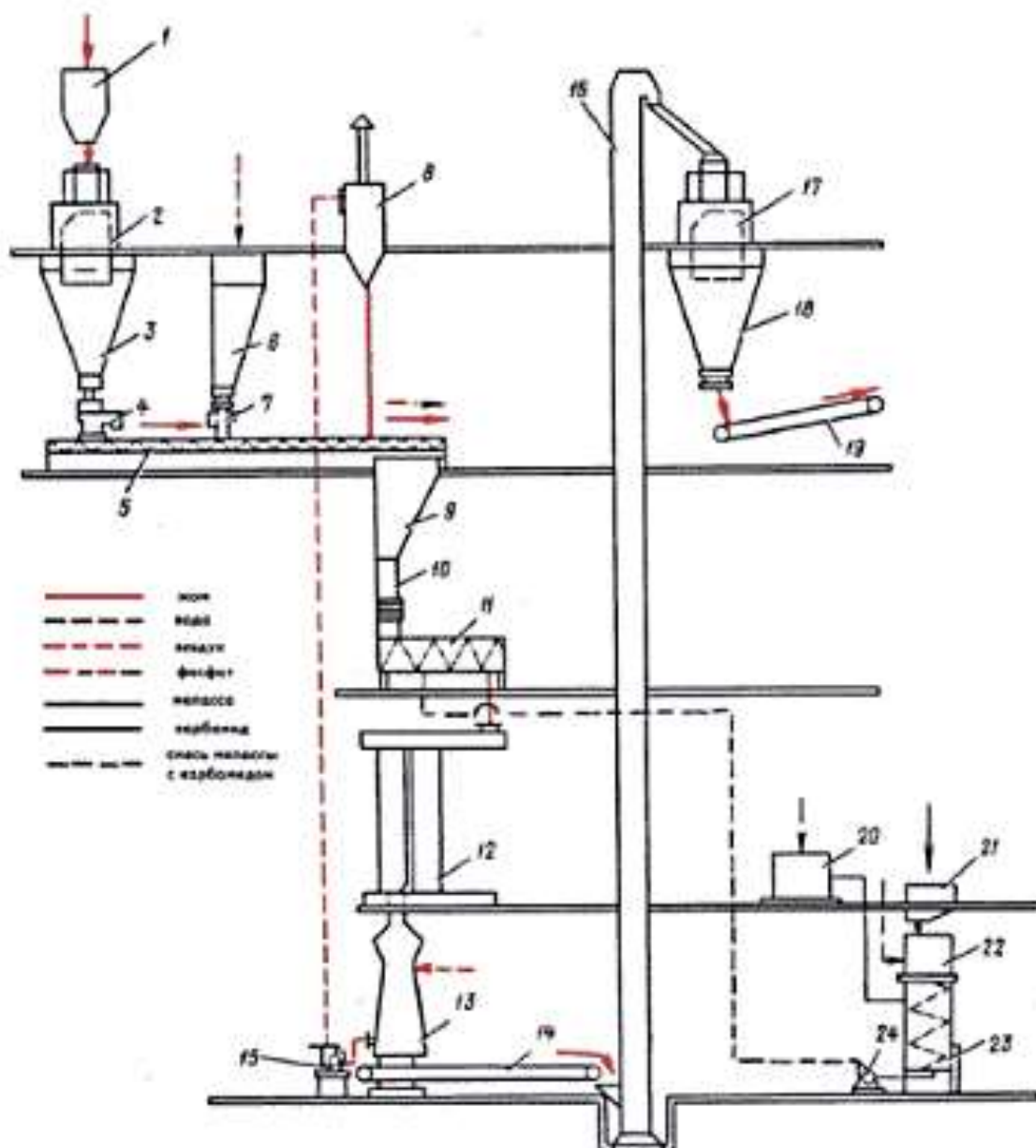


Рисунок 1.3 – Технологическая схема производства амидоминаерального жома

На отечественных сахарных заводах часто используется схема сушки и брикетирования сырого жома (рисунок 1.4), в которой сырой жом из диффузионного аппарата направляется на грабельный конвейер 1, затем – на конвейер 2 и пресс 3 для предварительного отжима.

Предварительно прессованный жом с помощью конвейера 4 подается в жомохранилище, а жомопрессовая вода нагревается в подогревателе 5, очищается в отстойнике 19 и направляется в диффузионный аппарат. Отжатый жом направляется в пресс 6, где отжимается до влажности 82-75 %,

и поступает на высушивание в сушильный аппарат 10. Высушенный жом с содержанием сухих веществ 88-90 %, направляется норией 13 и питателем 14 на склад.

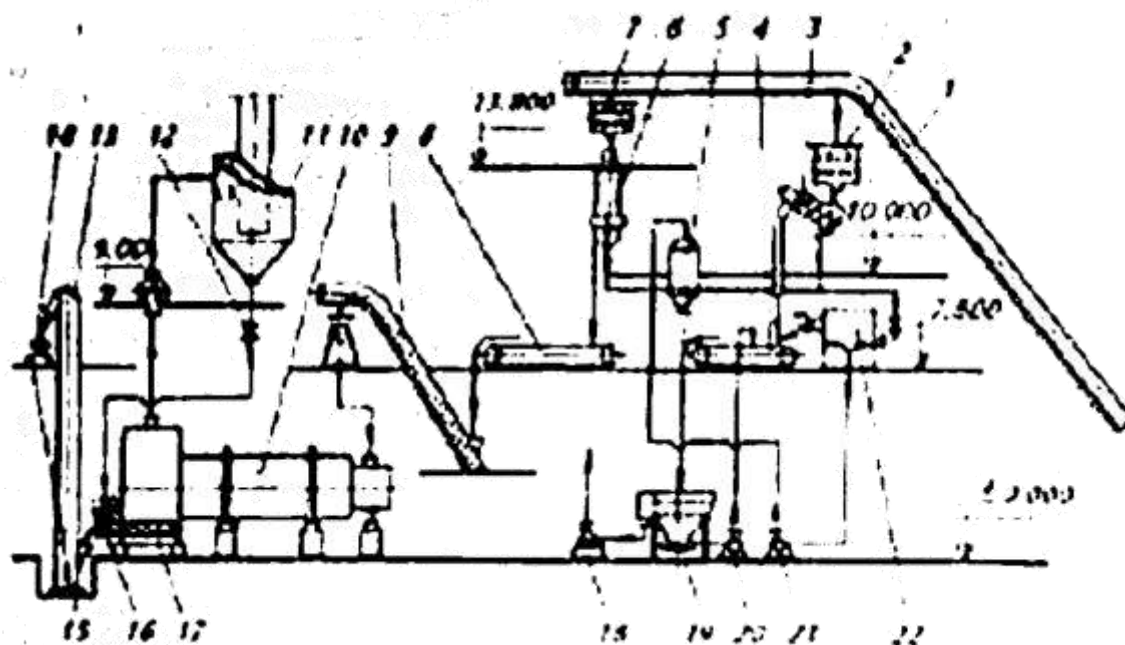


Рисунок 1.4 – Схема сушки и брикетирования сырого жома: 1, 2, 7, 9 – грабельные конвейеры; 3 – пресс для предварительного отжима сырого жома; 4, 8 – ленточные транспортеры; 5 – подогреватель; 6 – пресс для отжима жома; 10 – барабанный сушильный агрегат; 11 – циклон; 12, 14 – питатели; 13 – элеватор; 15 – конфузорно-диффузорное устройство; 16 – мешалка; 17 – шнековый конвейер; 18, 20, 21 – насосы; 19 – отстойник; 22 – пульполовушка

Однако отсутствие брикетирования или гранулирования при производстве сушеного жома имеет некоторые недостатки. Рассыпной жом имеет малую плотность (около 200 кг/м^3) и занимает значительный объем складов и существенно снижает грузоподъемность и производительность транспорта.

Введение специальных микродобавок и минеральных веществ в жом перед брикетированием или гранулированием позволит повысить его питательной ценности. Другим положительным эффектом введения вышеуказанных добавок является увеличение в 4...5 раз его плотности и сокращение потерь при перегрузочных работах.

ООО НТ-Пром предлагает схему прессования свекловичного жома (рисунок 1.5). Выходящий из диффузионного аппарата свежий жом прессуют до влажности 75-88 %. Получаемую при этом жомопрессовую воду направляют в диффузионный аппарат для использования в качестве дополнительного экстрагента. Предлагаемые ООО НТ-Пром технические решения снижают расход топлива на высушивание прессованного жома и сокращают транспортные расходы на перевозку жома.

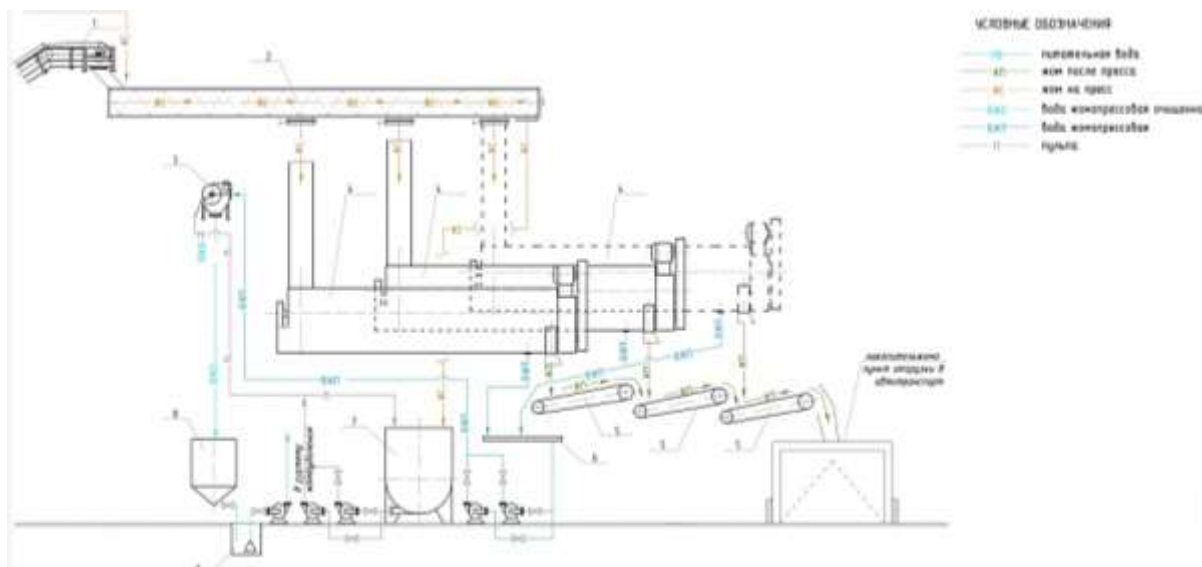


Рисунок 1.5 – Схема прессования жома: 1 – конвейер подачи жома на пресс; 2 – конвейер винтовой загрузки прессов; 3 – пульполовушка жомопрессовой воды; 4 – пресс горизонтальный отжима жома; 5 – конвейер выгрузки пресса; 6 – сборник жомопрессовой воды; 7 – мешалка жомоводяной смеси; 8 – сборник жомопрессовой воды после пульполовушки; 9 – ошпариватель свекловичной стружки

В таблице 1.6 приведены значения содержания сухих веществ на различных стадиях переработки свекловичного жома, предназначенного для скармливания скоту.

Гранулирование жома. Для придания большей компактности и увеличения плотности используется его гранулирование [11, 14, 20, 60, 131, 133, 149, 150]. Это позволит существенно сократить складские площади для хранения жома и снизить затраты на его транспортирование потребителям.

В процессе гранулирования жом приобретает форму цилиндров со следующими размерами: диаметром 25 мм и высотой до 40 мм. Если

насыпная плотность высушенного жома составляет около 250 кг/м^3 , то плотность при гранулированного жома – $600 \dots 800 \text{ кг/м}^3$ [18].

Т а б л и ц а 1.6 – Содержание СВ в прессуемом жоме, %

СВ в прессованном жоме	Норма потерь СВ при прессовании	СВ в прессованном жоме	Норма потерь СВ при прессовании
12	7,68	19	19,83
13	9,78	20	20,73
14	11,93	21	21,53
15	14,23	22	22,04
16	16,23	23	22,65
17	17,73	24	23,30
18	18,83	25	23,73

Наиболее распространенные и часто используемые в сахарной промышленности схемы гранулирования жома представлены на рисунке 1.6 [22, 24, 56, 77, 130, 134, 137, 139].

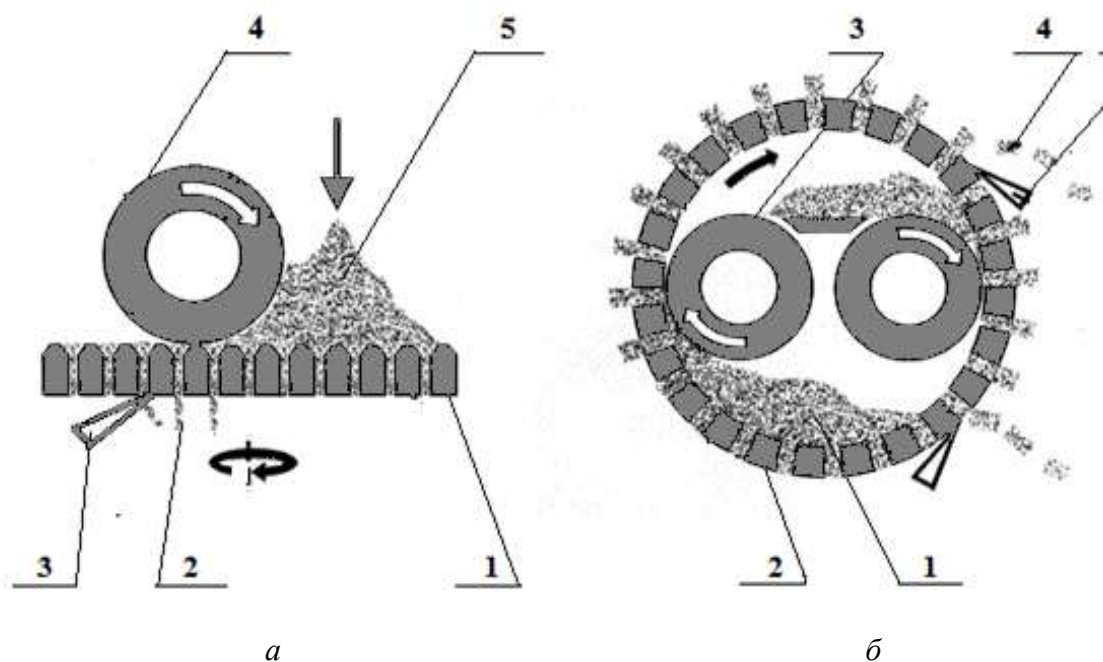


Рисунок 1.6 – Технологические схемы гранулирования сушеного жома с плоской (а) и кольцевой матрицей (б): 1 – матрица, 2 (а), 4 (б) – гранулы, 3 (а), 5 (б) – нож, 4 (а), 3 (б) – прессующие рифленые валки

Гранулирование сушёного жома осуществляется преимущественно на грануляторах типоразмерного ряда разной производительности [136].

Гранулятор СРМ-7930-8 (Нидерланды) с вертикально расположенной прессующей матрицей имеет производительность 10–12 т/ч гранулированного жома.

СРМ «Cryloc» 46-01-D с вращающимся ситом диаметром 1400 мм применяется для просеивания гранул свекловичного жома.

Существующие технологии и оборудование позволяют производить прессованный, гранулированный и сушёный жом, которые для получения пищевых волокон, пектина, пектинового клея и кормовых добавок и др. [17, 71, 72, 76, 80, 83, 144, 145, 147].

«Доз-Гран» предлагает линию гранулирования для переработки свекловичного жома в гранулы (рисунок 1.7). Исходное сырьё – свекловичный жом влажностью до 80 %; конечный продукт – это кормовая гранула диаметром 5 мм, влажностью менее 10 %, расфасованная в мешки «БИГ-БЕГ».



Рисунок 1.7 – Линия сушки и гранулирования свекловичного жома

Сушка жома. Сушка жома включает следующие этапы: отжатие из жома воды, сушка прессованного жома и брикетирование или гранулирование высушенного жома.

Наибольшее распространение для сушки жома до влажности 10-12 % получили барабанные и башенные сушилки

Барабанная сушилка Бютнера для высушивания жома, являясь наиболее распространенным видом сушилки на отечественных сахзаводах, представляет собой барабан с внутренней крестообразной насадкой, который вращается с регулируемой угловой скоростью от 0,4 до 2 об/мин.

Отжатый жом поступает с одного конца барабана и постепенно движется к другому, пересыпаясь при вращении барабана с полочки на полочку.

В качестве теплоносителя в барабанных сушилках используется теплота дымовых газов от сжигания топлива в специальных топках или газов, отходящих из котельной завода (в первом случае температура газов 800-900 °С, во втором 250-350 °С) [40, 43].

Барабанная сушилка для свекловичного жома с геометрическими размерами: длиной 12 м и диаметром 2,4 м имеет производительность 300 ц сухого жома в сутки при двух оборотах в минуту и температуре дымовых газов 800 °С, что соответствует переработке примерно 5000 ц сахарной свеклы.

В башенных сушилок применяется следующий температурный режим: температура входящего теплоносителя – 180-250 °С, выходящего – до 80-100 °С, а конечная температура высушенный жом – 40~50 °С.

Состав сушеного жома. Состав сушеного жома в зависимости от способа сушки был исследован проф. П.В. Головиным, который приводит следующие данные (таблица 1.7).

Ученые политехнического института в Лодзи (Польша) выявили следующий химический состав сушеного жома: 88,8 % сухое вещество, 8,1 % азотистые соединения, 0,6 % жиры, 58,5 % органические безазотистые со-

единения, 4,0 % зола, 17,6 % клетчатка; переваримость протеина и экстрактивных веществ составила 77-75 %.

Т а б л и ц а 1.7 – Процентный состав сушеного жома в зависимости от способа сушки

Способ сушки	Вода	Белок	Жир	Безазотистые экстрактивные вещества	Клетчатка	Зола
Огневая	12,58	6,54		56,59	18,57	6,02
Паровая	9,21	8,03	0,2]	59,26	19,5	3,79

Известен способ получения сушеного свекловичного жома (патент РФ № 2542530) [82], отличительной особенностью которого является то, что для получения сушеного жома используются четыре стадии: отжим; гранулирование; активное вентилирование и сушка.

После отжима на прессе глубокого отжима жом гранулируют на ротационном прессе.

Основную часть влаги из гранул жома удаляют активным вентилированием атмосферным воздухом до влажности жома 20-25 %, после чего досушивают в сушильных установках до влажности менее 13 %.

1.3 Обзор оборудования для прессования и гранулирования свекловичного жома

Для производства пищевых волокон, пектина и др. используется предварительно отжатый и высушенный гранулированный жом.

Для прессования свекловичного жома возможно использование различных виды прессов, отличающихся друг от друга рядом классификационных признаков (таблица 1.8) [14, 40, 43, 58, 90, 93, 102, 111, 112, 132, 138, 140, 142, 143, 148]. На большинстве отечественных сахарных заводах свежий жом прессуют, в основном, до содержания 14-18 СВ, в то время как прессовое оборудование зарубежных сахзаводов позволяет получать жом с содержанием СВ = 30–35 %.

Т а б л и ц а 1.8 – Классификация прессового оборудования

Признак классификации	Технические характеристики прессов
Принцип действия	Прессы периодического действия Прессы непрерывного действия
Исполнение прессующего органа пресса	Поршень-цилиндр Пресс - плита Металлические вальцы с регулируемым зазором Барабаны с эластичным покрытием цилиндрической поверхности Шнековый движитель Ленточный механизм Матрица Механизмы изменения поперечного сечения отверстия на выходе пресса
Степень отжима жома	Прессы низкого отжима (содержание СВ в жоме до 12-14%) Прессы среднего отжима (содержание СВ в жоме до 14-22%) Прессы глубокого отжима (содержание СВ в жоме 22-35%)
Количество шнеков в шнековых прессах	Одношнековый Двухшнековый
Вид шнекового движителя	Цилиндрический с постоянным шагом и углом наклона витков Цилиндрический с переменным шагом и углом наклона витков Конический с переменным шагом и углом наклона витков Сплошной С перфорированным несущим корпусом
Удаление жидкой фракции из жома	Через ситовую поверхность Через перфорированную поверхность Через прессующий орган
Компоновка прессов	Горизонтальная Наклонная Вертикальная
Форма выходной матрицы (фильеры) пресса	Круглая Прямоугольная Щелевидная Переменного сечения Отсутствует
Регулирование степени отжима	Изменение скорости перемещения материала в зоне прессования Изменение положения в пространстве прессующего органа

ООО «НТ-ПРОМ» разработал пресс глубокого отжима жом (рисунок 1.8), новизна которого заключается в наличии двух шнековых валов, вращающихся в фильтрующей решетке с очень низкой скоростью.

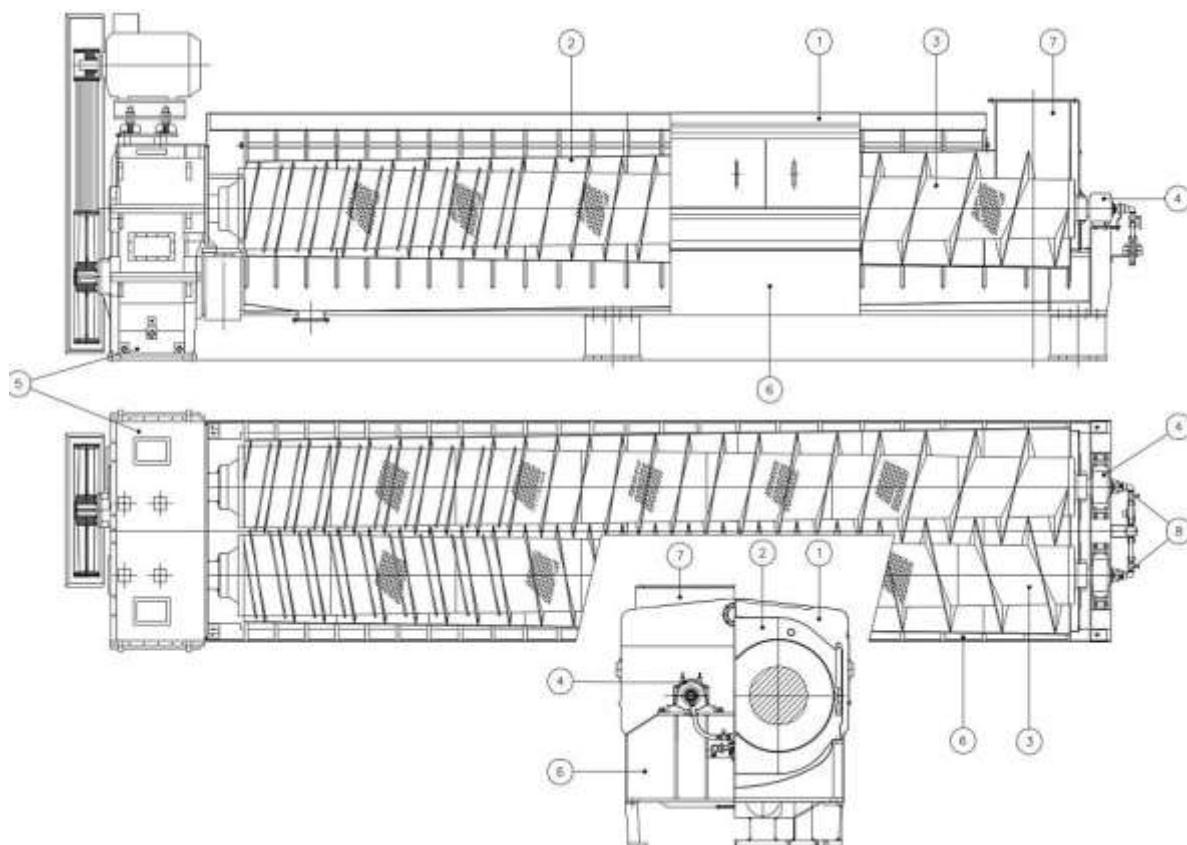


Рисунок 1.8 – Пресс глубокого отжима жом: 1 – корпус; 2 – фильтрующий узел; 3 – фильтрующий узел; 4 – опоры валов; 5 – редуктор; 6 – загрузочный бункер; 7 – система промыва валов

Сырой жом подаётся в загрузочный бункер пресса и заполняет пространство между двумя шнеками, которые медленно вращаются в противоположном расходящемся направлении. Шнеки находятся внутри решетки из двухслойного перфорированного листа.

Отжим продукта достигается посредством постепенно сужающегося пространства, поступаая под сильным толкающим усилием шнеков. Жомопрессовая вода собирается в желоба, расположенные внутри валов, которые подают воду в сборочный бункер и затем в выпускной патрубков, расположенный на загрузочном бункере. Отжатый жом выходит из бункера.

Промывка желобов осуществляется естественным способом и обеспечивает очистку внутренней полости валов. При вращении вала угол наклона желобов меняется и обеспечивает стекание воды в оба направления, содействуя её спуску при переполнении.

ООО «ФАРСАЛ» выпускается горизонтальный двухшнековый пресс «Сторд BS-64S» (рисунок 1.9, таблица 1.9).

Пресс состоит из корпуса с параллельно установленными внутри него двумя горизонтальными шнеками 2. Сверху корпус закрывают крышками 3, в которых имеются фильтрующие сита 12 и 15 с коническими отверстиями диаметром 3,9/5 мм, укрепленные на каркасах 11 и 14.

Т а б л и ц а 1.9 – Техническая характеристика прессы «Сторд BS-64S»

Производительность по отжатому жому, т/сут	233
Содержание сухих веществ в отжатом жоме, %	23...26
Выход отжатого жома к массе свеклы, %	22...25
Производительность по свекле, т/сут	1008
Отношение массы мезги, прошедшей через сито, к массе свеклы, %	1,65
Мощность электродвигателя привода, кВт	37...56
Частота вращения шнека, мин ⁻¹	1,45...3,0

В состав привода прессы входят: редуктор 7, гидромуфты 8, электродвигатель 9 и шестерни 4 и 5.

Шаг расположения витков на шнеке, их переменная толщина позволяет отжать большую часть влаги из жома в начале процесса прессования за счет значительного уменьшения объема жома.

Соотношение объема первого и последнего межвиткового пространства обеспечивает незначительное увеличение давления при дальнейшем перемещении жома вдоль рабочей камеры.

Установленная гидромуфта 8 позволяет регулировать частоту вращения шнеков в диапазоне от 1,45 до 3,0 мин⁻¹, которая определяет не

только производительность пресса, но и такие параметры, как содержание сухих веществ в отпрессованном жоме и расход энергии на прессование.

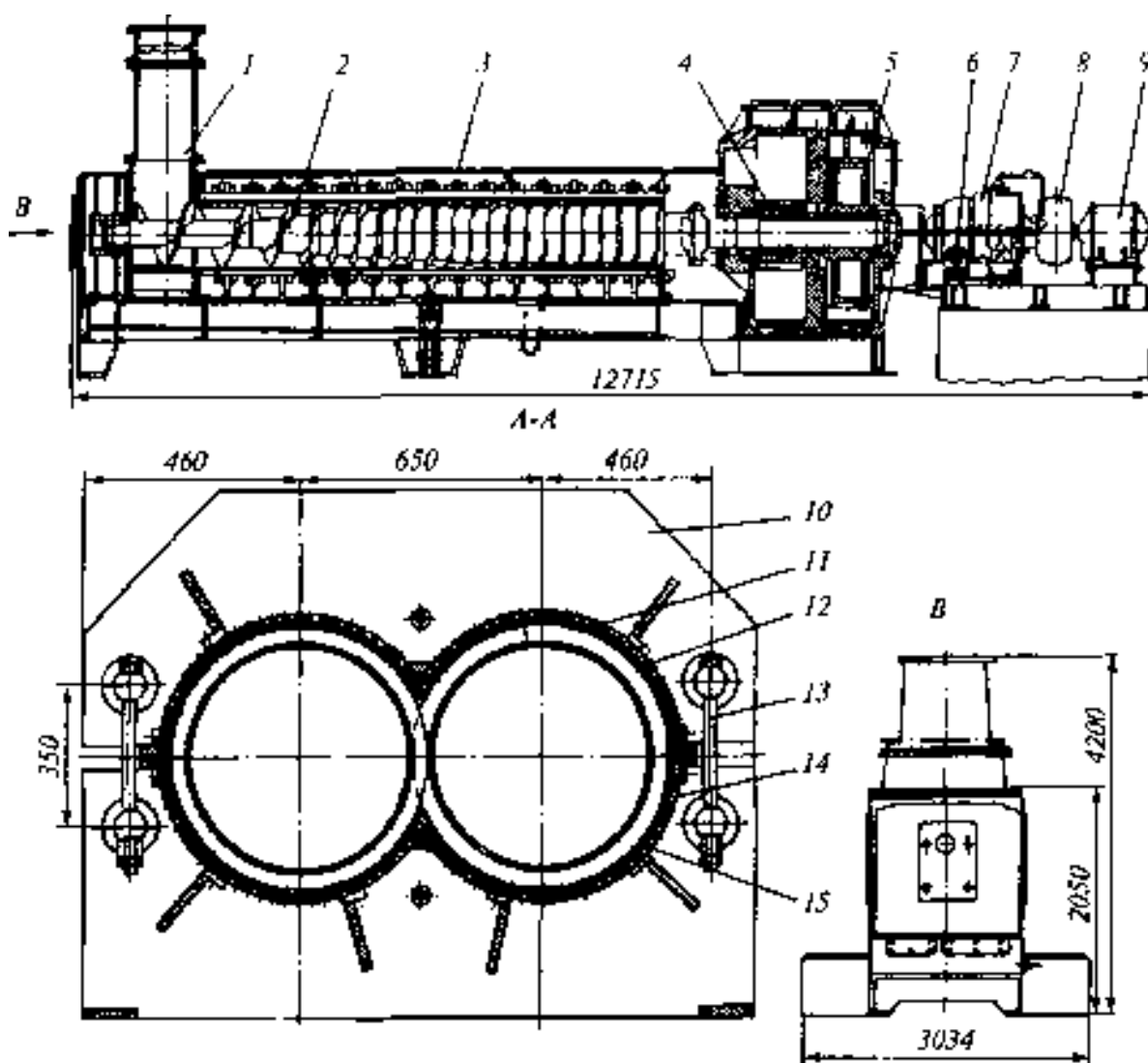


Рисунок 1.9 – Горизонтальный двухшнековый пресс «Сторд BS-64S»: 1 – бункер; 2 – шнек; 3 – крышка; 4, 5 – шестерни; 6 – масляный насос; 7 – редуктор; 8 – гидромuftа; 9 – электродвигатель; 10 – ребро жесткости; 11, 14 – верхний и нижний каркасы; 12, 15 – фильтрующие сита; 13 – стяжные болты

Для очистки жомопрессовой воды от частиц жома она направляется на вибросито, из которого пульпа возвращается в пресс. Неравномерная подача жома на пресс серьезно влияет на колебания содержания сухих веществ в отжатом жоме: недостаточная подача жома в пресс снижает содержание сухих веществ в жоме.

Фирмой «Терра» предлагается пресс жомовый ПСЖН-68 (рисунок 1.10) для отжатия воды из свекловичного жома.

Применение данного пресса и уменьшение содержания влаги в отжатом на нем жоме позволит сократить расход топлива на жомосушку, дополнительно использовать жомопрессовую воду в диффузионных аппаратах, что позволит снизить расход свежей воды.



Рисунок 1.10 – Пресс жомовый ПСЖН-68

Высокая технологичность конструкции пресса обеспечивает надежность его в эксплуатации, сокращение трудоемкости при техническом обслуживании.

Компания Баббини предлагает двухшнековые прессы Баббини (рисунок 1.11), которые применяются для переработки жома сахарной свеклы до достижения содержания сухого вещества до 34 %.



Рисунок 1.11 – Двухшнековые прессы Баббини

ООО «Алькар» предлагает шнековый сепаратор SEPRA® (рисунок 1.12, таблица 1.10) для переработки отходов сахарной свеклы. В конструкции шнекового сепаратора SEPRA® используют материалы, которые обладают высокими показателями устойчивости к коррозии, способностью выдерживать различные температурные режимы, оптимальными механическими и прочностными свойствами.

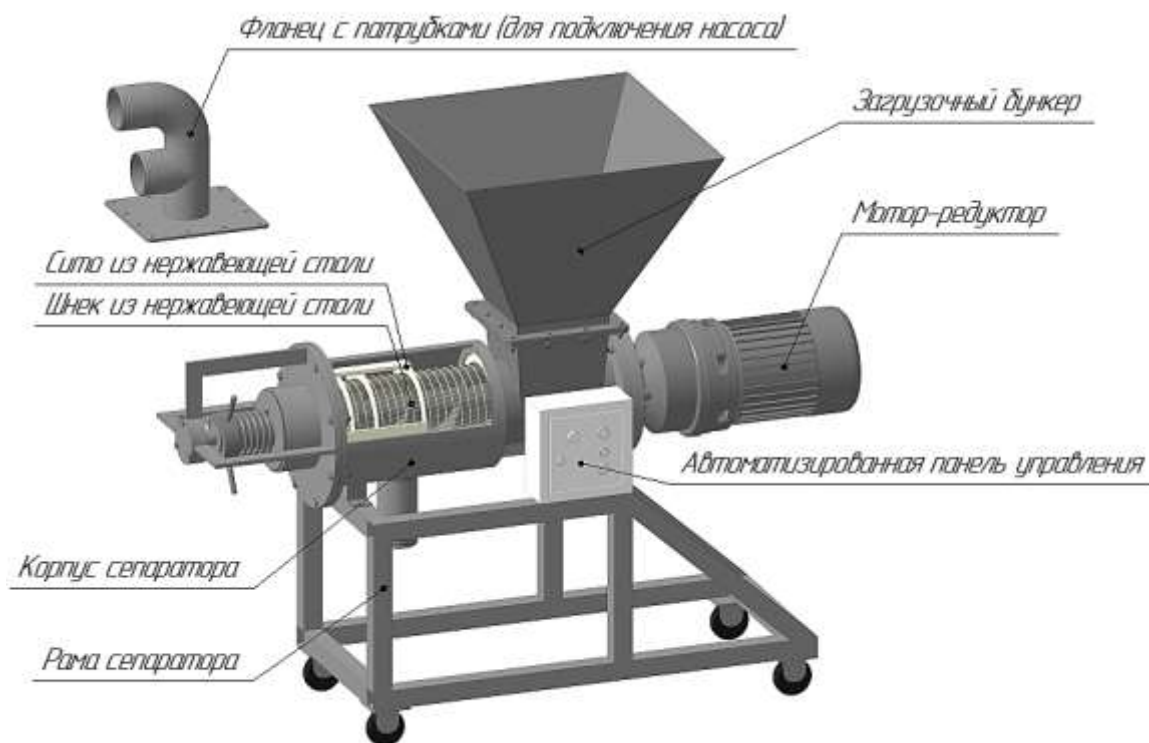


Рисунок 1.12 – Шнековый сепаратор SEPRA®

Т а б л и ц а 1.10 – Технические характеристики сепаратора SEPRA® для переработки жома

Мощность двигателя	5.5 кВт
Габариты	2x0,7x1,5 м
Производительность*	до 40 м ³ /ч
Монтаж сепаратора	мобильно/стационарно
Механизм управления	Автоматизированный

Характерной особенностью шнека является защитная оксидная пленка, которая гарантирует устойчивость к воздействию растворов щелочей и кислот, что значительно продлевает срок эксплуатации шнекового сепаратора SEPRA®. Отжатый шнековым сепаратором SEPRA® свекловичный жом выдерживает длительное хранение; удобен для скармливания, применяется в рационах как углеводный корм вместо корнеплодов.

Пресс-отжим Genius модели DW-300 (Тайвань) предназначен для удаления излишней влаги и уплотнения отходов (рисунок 1.13).



Рисунок 1.13 – Пресс-отжим Genius

Остаточная влажность прессуемого материала может достигать 1-3 %. Мощность основного двигателя – 95 кВт, мощность электродвигателя для резки – 3,7 кВт.

1.4 Обзор оборудования для гранулирования свекловичного жома

Гранулированием называется процесс уплотнения сыпучего или тестообразного материала за счет высокого давления в твердые шарики или цилиндрики заданного размера. Этот процесс приводит к увеличению плотности гранулированных материалов, что сокращает производственные площади складов, улучшает условия хранения и транспортирования [14, 23, 40, 43, 58, 90, 93, 111, 112].

Классификация пресс-грануляторов:

- *формирующие*, в которых образование гранул ведется в закрытой камере;
- *прокатывающие*;
- *выдавливающие*, в которых прессование корма происходит за счет сил трения, возникающих при движении предварительно уплотненного корма через отверстия прессовальной камеры.

В зависимости от механизма гранулообразования были систематизированы основные методы гранулирования, классификация которых приведена на рисунке 1.14 [24].

Рабочие органы для брикетирования и гранулирования кормов можно разделить на четыре группы (рисунок 1.15, а, б, в, г, д, е, ж, з, и):

- шнековые,
- вальцовые,
- матричные;
- штемпельные (плунжерные).

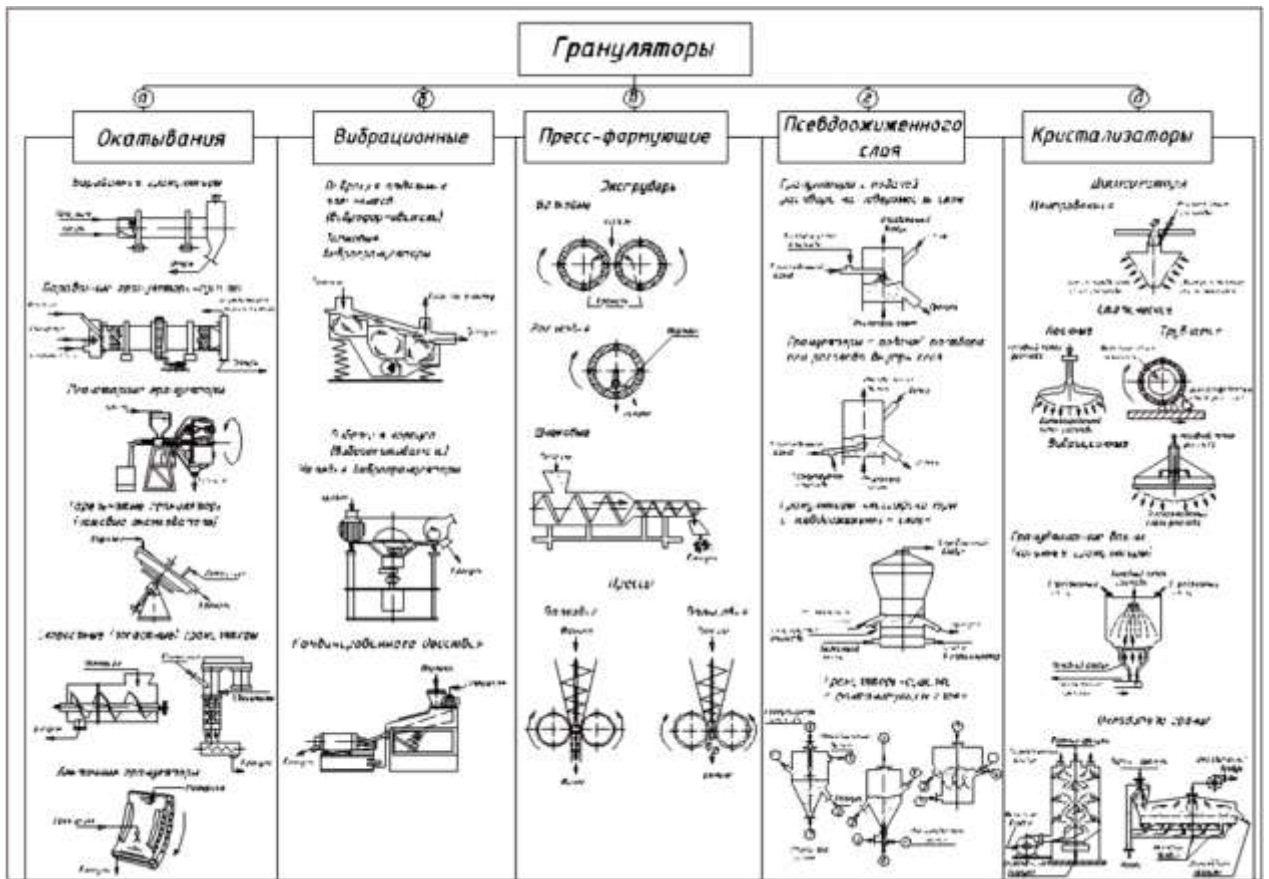


Рисунок 1.14 – Классификационная схема грануляторов

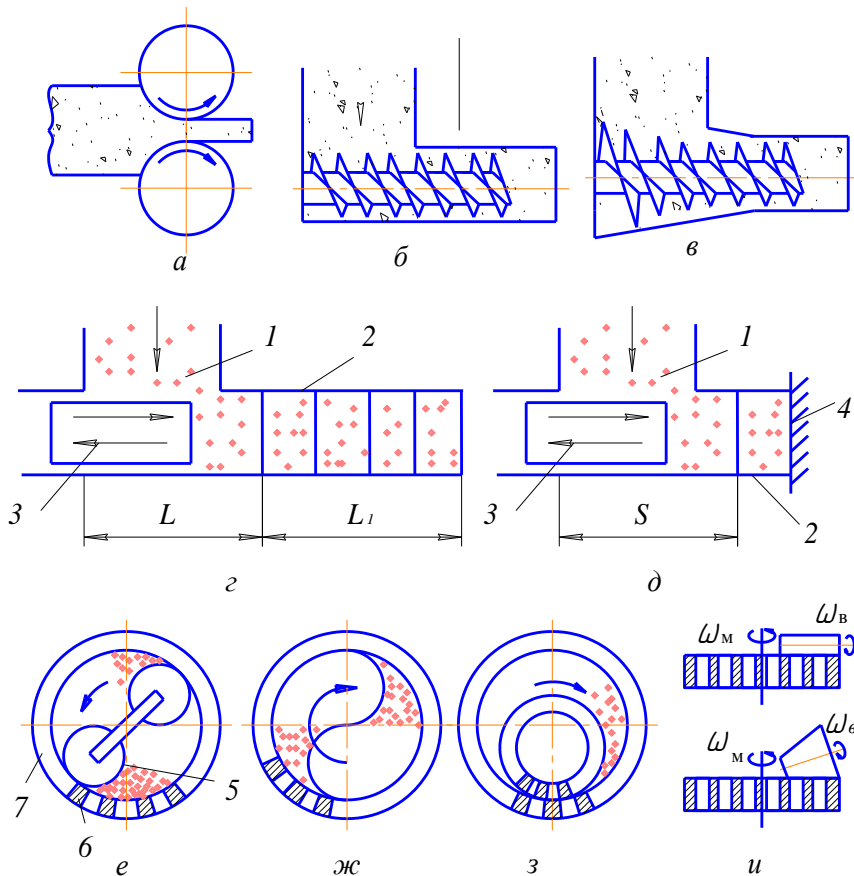


Рисунок 1.15 – Классификация грануляторов

Одним из наиболее распространенных видов оборудования является гранулятор жома Б6-ДГВ/1 [43] (рисунок 1.16).

На нем проводят гранулирование смеси, в состав которой входят сухой свекловичный жом, меласса, макро- и микродобавки.



Рисунок 1.16 – Гранулятор Б6-ДГВ/1

Производительность гранулятора с размером отверстий 4,7 и 7,7 мм в матрицах изменяется в пределах от 8,0 до 8,5 т/ч, а с размером отверстий в матрицах 9,7; 12,7, 19,0 мм составляет от 9 до 11 т/ч.

Компанией Henan Richi Machinery Co., Ltd предлагается гранулятор (рисунок 1.17), который можно использовать для производства гранул из свекловичного жома.



Рисунок 1.17. – Гранулятор компании Henan Richi Machinery Co., Ltd

Гранулятор прессует высушенный свекловичный жом в кормовые гранулы размером 2-18 мм.

Гранулятор жома (рисунок 1.18) (Украина) [50] широко используется не только на сахарных заводах для гранулирования сухого свекловичного жома, но и в комбикормовой промышленности – для получения гранулированного комбикорма.

Высушенный свекловичный жом обогащается мелассой, микро- и макродобавками и другими веществами и полученная смесь гранулируется путем ее продавливания через отверстия специальной матрицы [118].

Номинальная производительность гранулятора составляет 3 т/ч при установленной мощности 278 кВт.



Рисунок 1.18. – Гранулятор сухого жома

Представляет определенный интерес универсальный пресс-гранулятор фирмы *KANL* (рисунок 1.19) (Германия) [50], который предназначен для гранулирования смеси разных продуктов, плотности, частиц с разным размером.

Недостатками грануляторов фирмы *KANL* является высокую стоимость и сложность в обслуживании.



Рисунок 1.19. – Универсальный пресс-гранулятор фирмы КАНЛ

Холдинг «ТОПГРАН» (Россия) производит грануляторы (рисунок 1.30) различного типоразмера для гранулирования различной биомассы (древесных отходов, комбикормов, удобрений, торфа, свекловичного жома).



Рисунок 1.20. – Грануляторы «ТОПГРАН»

К преимуществам данного типа грануляторов следует отнести высокую эксплуатационную надежность, быструю адаптацию под различные виды сырья, простоту в обслуживании и ремонте [93].

Этот тип грануляторов весьма близок по конструкции грануляторам Б6-ДГВ.

Грануляторы RMP фирмы *Muench Edelstahl GmbH /Hilden* (ФРГ) (рисунок 1.21) [50] предназначены для гранулирования самых разных продуктов от комбикорма, древесных опилок до, шрота, жмыха, свекловичного жома и т.п.).

Их отличительной особенностью является широкий спектр грануляторов самой различной производительности от 50 кг/ч до 50 т/ч.



Рисунок 1.21. – Гранулятор RMP

Известная фирмы *CPM* (Нидерланды) производит пресс-грануляторы 7932-5 (рисунок 1.22) с матрицей диаметром 825 мм, шириной захвата 127 мм и приводным двигателем мощностью 355 кВт.

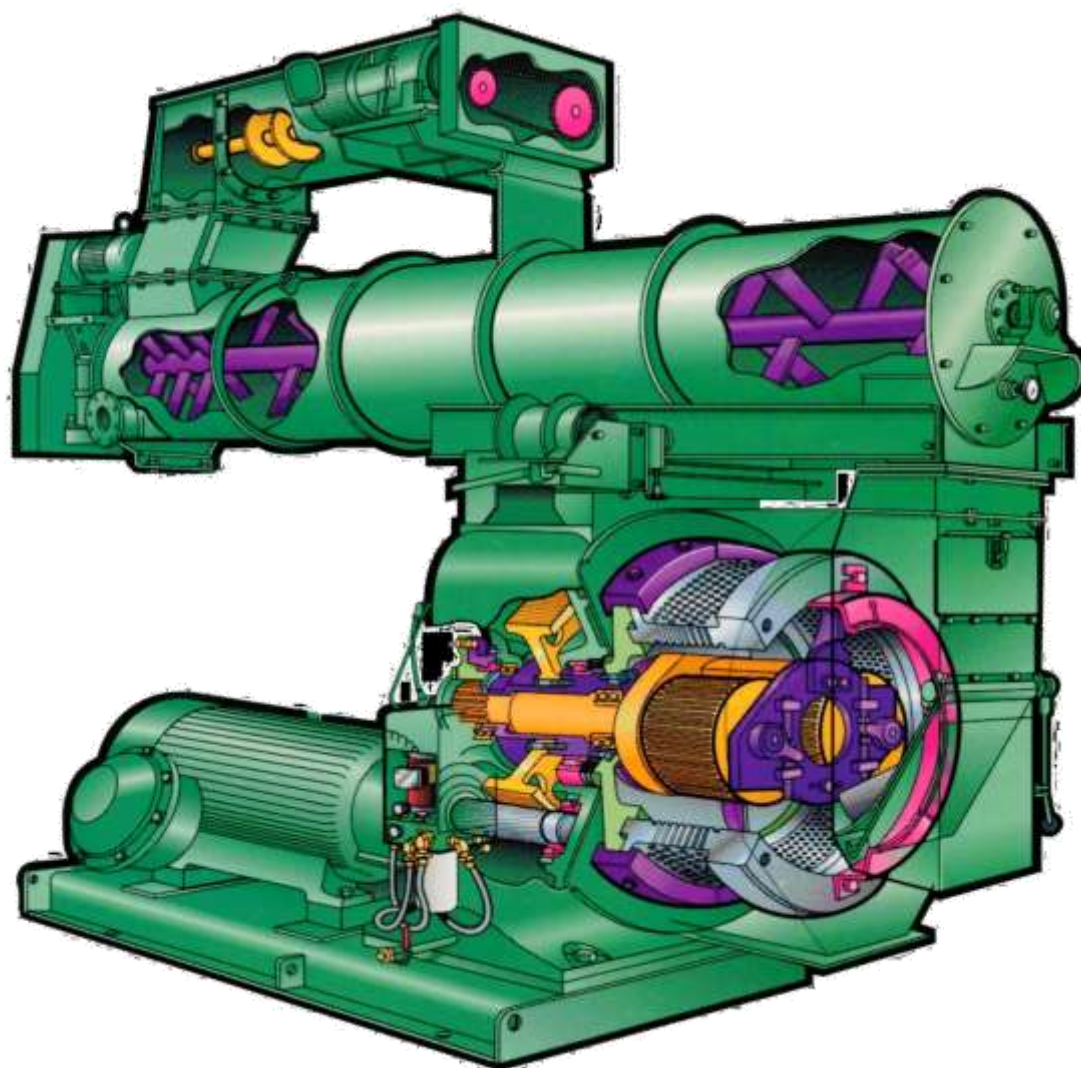


Рисунок 1.22. – Пресс-гранулятор 7932-5 фирмы CPM

Известен гранулятор сыпучих материалов (*патент РФ № 1408597*) [84], отличительной особенностью которого является то, что штифты 11, установленные неподвижно на валу 10, вращаясь от электродвигателя 6, через редуктор 7 и вал 5, осуществляют интенсивное перемешивание материала и связующего (рисунок 1.23).

В процессе перемешивания и движения материала вдоль корпуса 1 происходит образование и уплотнение гранул. Одновременно с процессом гранулообразования за счет сил адгезии происходит налипание материала на внутренней поверхности корпуса 1. Налипший слой материала счищается штифтами 11 при их перемещении вдоль оси гранулятора. Перемещение осуществляется от индивидуального электродвигателя 22 [118].

К недостаткам представленного гранулятора следует отнести невозможность получения гранул различных размеров и их невысокую прочность, так как они образуются лишь в результате перемешивания и движения частиц материала в рабочей зоне гранулятора под действием вращения штифтов.

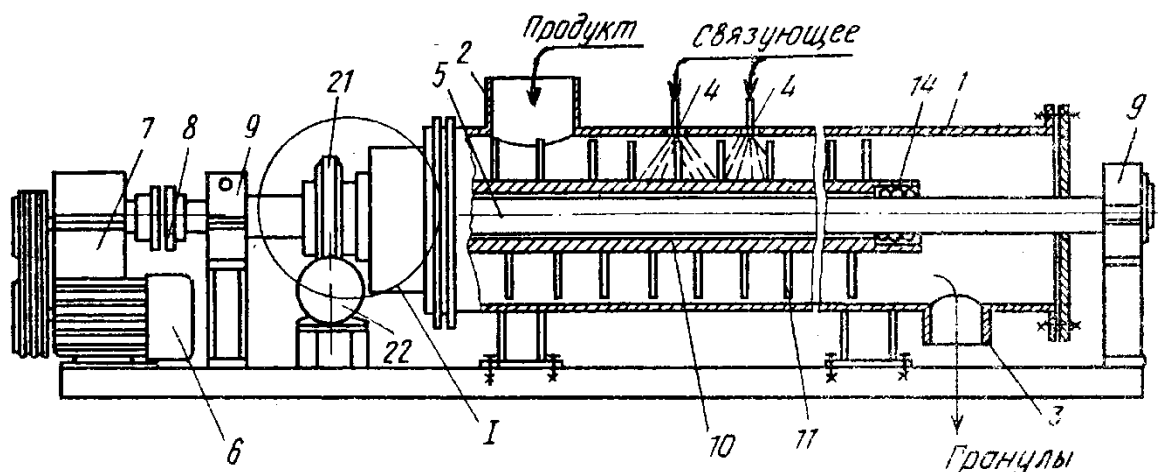


Рисунок 1.23. – Гранулятор сыпучих материалов: 1 – цилиндрический корпус; 2 – штуцер для загрузки продукта; 3 – штуцер для разгрузки продукта; 4 – форсунки; 5 – центральный вал; 6 – электродвигатель; 7 – редуктор; 8 – муфта; 9 – подшипниковые узлы; 10 – полый вал; 11 – штифты; 12, 13 – продольные канавки; 14 – шарики; 15 – упорный подшипник; 16 – втулка; 17 – палец; 18 – паз; 19 – втулка; 20 – подшипник; 21 – червячное колесо; 22 – реверсивный электродвигатель; 23 – червяк

Представляет интерес конструкция пресс-гранулятора (*патент РФ № 2055463*), предназначенного для гранулирования кормов (рисунок 1.24). От электродвигателя 13 приводится во вращательное движение приводной вал 8, а накопленный в бункере 16 корм подается в прессующую камеру посредством плавного открытия задвижки 17.

Рассыпной комбикорм, попадая на матрицу 1, уплотняется и продавливается в ячейку 6 вальцом 7, так как ячейка 5 имеет прямые режущие кромки, то уплотненный корм сразу проходит через ячейки матрицы, и при избыточном его количестве не происходит продольного сдвига корма по плоскости матрицы. На выходе из матрицы гранула спрессованного комбикорма подрезается ножом 11 [118].

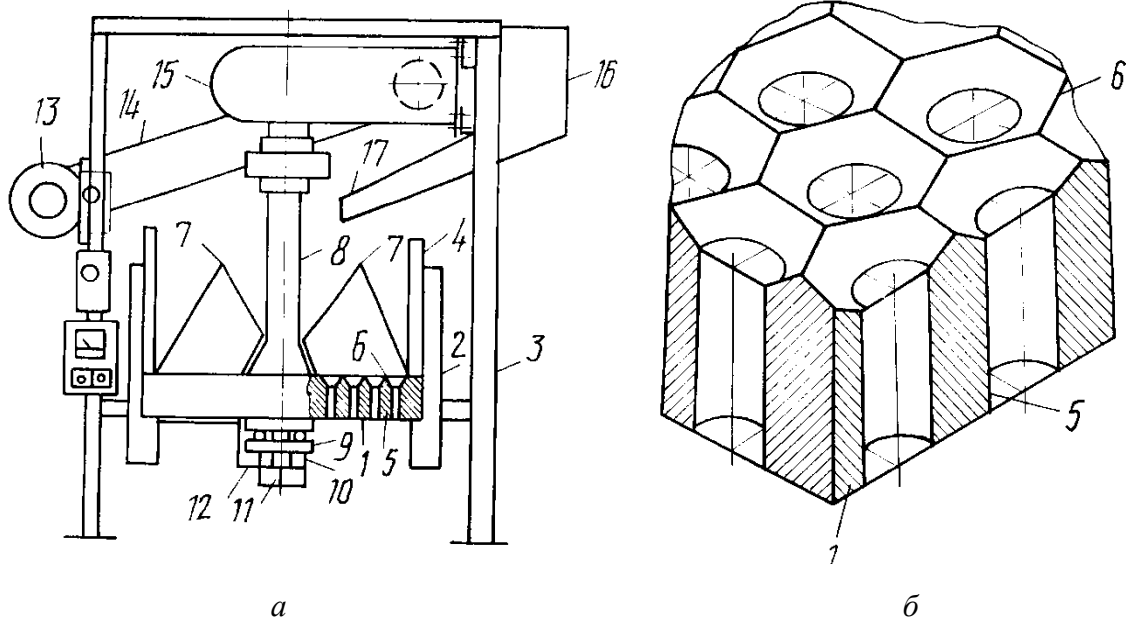


Рисунок 1.24. – Пресс-гранулятор: 1 – матрица; 2 – обойма; 3 – рама; 4 – кольцо; 5 – прямые режущие кромки; 6 – ячейки; 7 – конические вальцы; 8 – приводной вал; 9 – упорный подшипник; 10, 12 – гайка; 11 – подрезной нож; 13 – электродвигатель; 14 – клинременная передача; 15 – редуктор; 16 – бункер; 17 – задвижка

К сожалению, в данном пресс-грануляторе не предусмотрена подача связующего материала и возможен неравномерный износ поверхности валцов из-за того, что они выполнены в виде конусов.

Известен гранулятор (*патент РФ № 2271246*) [85] для формирования гранул из материала растительного происхождения (рисунок 1.25, а).

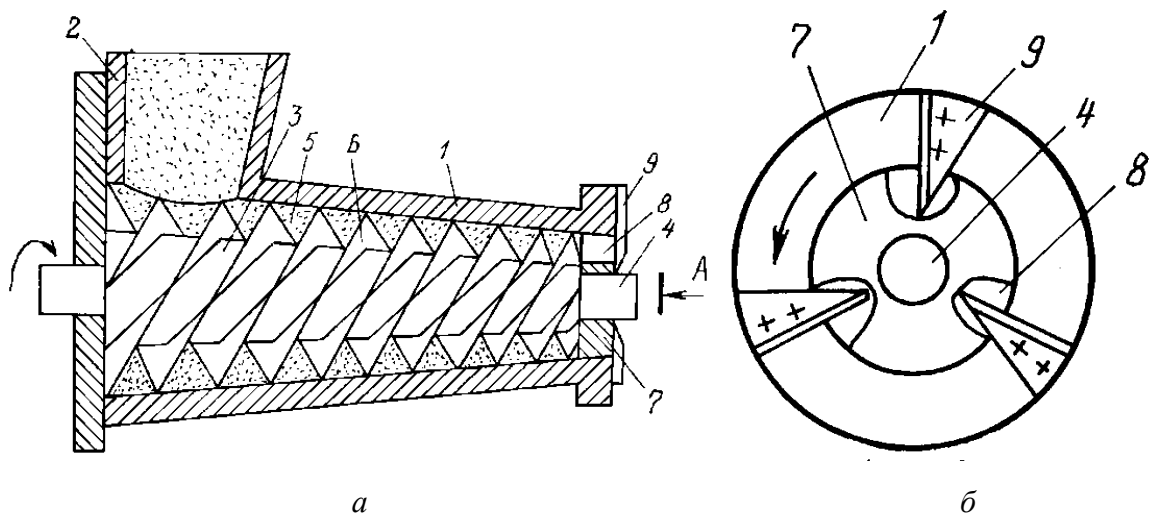


Рисунок 1.25. – Гранулятор: 1 – корпус; 2 – загрузочный бункер; 3 – поверхность вращения; 4 – вал; 5 – канавки; 6 – однозаходная или многозаходная навивка; 7 – матрица; 8 – отверстия; 9 – ножи

Гранулируемый материала непрерывно захватывается из бункера 2 навивкой 6, вращающейся относительно вала 4 поверхности вращения 3. В процессе перемещения от бункера 2 к матрице 7 происходит уплотнение материала в канавках 5 непрерывно уменьшающегося поперечного сечения, ограниченного внутренней поверхностью корпуса 1, поверхностью вращения 3 и навивкой 6.

Проталкиваемый через формообразующие отверстия 8 гранулируемый материал принимает заданную форму поперечного сечения и на выходе из отверстия 8 срезается неподвижно установленными на корпусе 1 ножами 9, находящимися в контакте с внешней поверхностью матрицы 7 (рисунок 1.25, б).

Для данного гранулятора характерны высокие энергетические затраты, расходуемые на продвижение вдоль гранулятора материала, его уплотнение и выдавливание через отверстия матрицы.

Одной из перспективных разработок является вибрационно-центробежный гранулятор (*патент РФ № 2412753*) (рисунок 1.26). Данное изобретение позволяет получить гранулированный материал заданной прочности и плотности, с заданными физико-механическими характеристиками [86, 118].

Однако гранулятор отличается сложностью конструкции и, как следствие, невысокой эксплуатационной надежностью, что не позволяет его рекомендовать для внедрения в промышленность.

Шнековый пресс-гранулятор (*патент РФ № 2118105*) относится к устройствам приготовления гранулированных кормов (рисунок 1.27). Шнековый пресс-гранулятор состоит из корпуса и узла прессования [87].

Внутри корпуса расположен шнек. Узел прессования содержит связанный с корпусом кожух, имеющий входную коническую и выходную цилиндрическую части [118].

Внутри кожуха расположена фильера с отверстиями. Фильера связана со шнеком и установлена с возможностью вращения вокруг оси.

Отверстия фильеры выполнены по ее периметру в виде продольных пазов. Выходная цилиндрическая часть кожуха с внутренней стороны снабжена сменной втулкой, имеющей винтовую нарезку на $1/3$ длины.

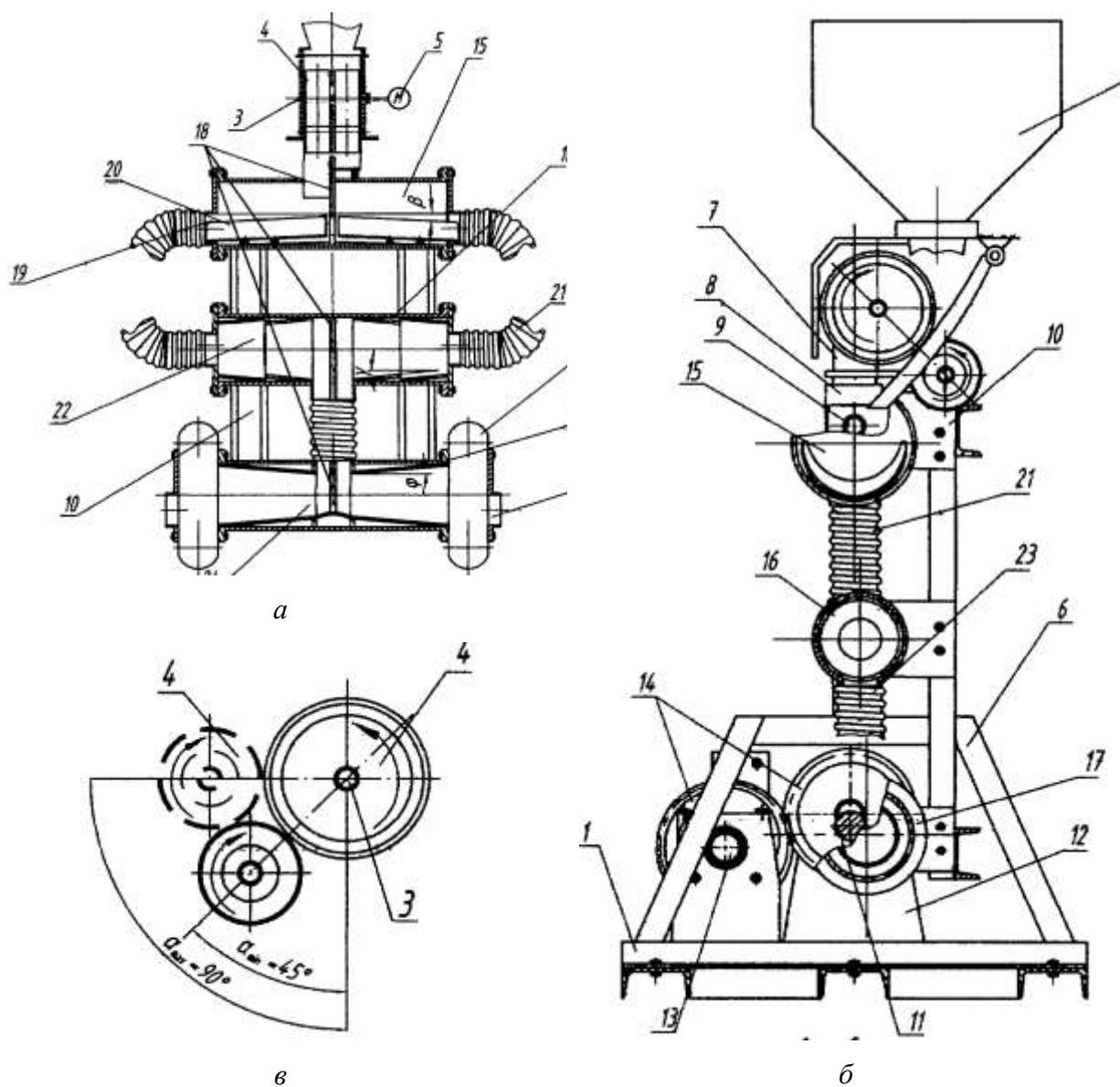


Рисунок 1.26 – Вибрационно-центробежный гранулятор: 1 – станина; 2 – приемный бункер; 3 – вал; 4 – прессующие валки; 5 – привод; 6 – опорные стойки; 7 – направляющие; 8 – ползуны; 9 – шарниры; 10 – рама; 11 – эксцентриковые валы; 12 – неподвижные опоры; 13 – промежуточный вал; 14 – зубчатая передача; 15, 16, 17 – цилиндрические барабаны; 18 – перегородка; 19 – разгрузочные окна; 20 – наклонные лотки; 21 – патрубки; 22, 24 – усеченные конусы; 23 – соединительный патрубок; 25 – тороидальные камеры; 26 – разгрузочное устройство

Редченко М.А., Авроров В. А. [95] , изучая процесс прессования свежего свекловичного жома, разработали конструктивно-технологическую

схему пресса-компактора. С помощью метода координатно-структурного кодирования осуществлен синтез вариантов компоновок прессов с горизонтальным, наклонным и вертикальным расположением рабочих органов. С учетом ограничительных требований выбран рациональный вариант компоновки пресса-компактора с вертикальным расположением шнекового движителя, перфорированной вставкой и многолепестковой упругой диафрагмой, способствующей увеличению степени отжима сырого жома.

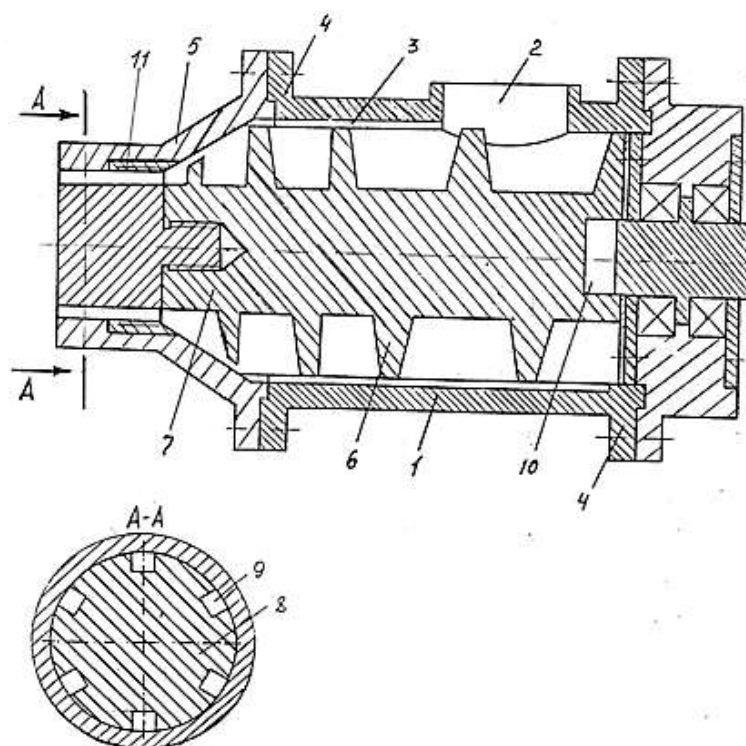


Рисунок 1.27 – Шнековый пресс-гранулятор: 1 – корпус; 2 – загрузочное отверстие; 3 – рабочая камера; 4 – фланец; 5 – конусный переходник; 6 – витки шнека; 7 – шнек; 8 – хвостовик; 9 – пазы хвостовика; 10 – паз; 11 – матрица

В работе [14] рассмотрены основные типы пресс-грануляторов, их конструктивные особенности и принципы работы, а также изучены материалы научных исследований, направленных на изучение свойств гранулированных кормов. При этом выбор гранулятора необходимо осно-

вывать на его технических особенностях и производительности, так, для небольшого сельскохозяйственного предприятия подойдут грануляторы с плоской матрицей производительностью до 1000 кг/ч.

Таким образом, выполненный анализ свидетельствует о том, что выпускаемые отечественной промышленностью пресс-грануляторы морально устарели. Они не отвечают современным требованиям по энергопотреблению, качеству выпускаемой продукции, ее ассортименту и т. д.

1.5 Анализ основных закономерностей процесса гранулирования

Существует несколько теорий процесса уплотнения: капиллярная, коллоидная, молекулярная и др. [23, 24].

Признание получила молекулярная теория, разработанная В.М. Наумовичем на основе термодинамической теории прилипания Б.В. Дерягина. Согласно последней основная причина соединения твердых частиц между собой усматривается в явлении прилипания. Повышение давления способствует упрочению монолита за счет устранения воздушных пор и увеличения площади контакта между частицами, что приводит к возрастанию сил молекулярного прилипания.

Исследовали процесс прессования академики Горячкин В.П., Вольф И.И., Гутьер Е.М., Летошнев М.Н., Пустичин М.А., в наше время – Алферов С.А., Дотов И.А., Храпач Е.А. и др. [7, 9, 10, 13, 58, 59, 75, 76, 92, 117, 131].

Значительную роль в научном обосновании и развитии технологии прессования сыграли многочисленные и весьма ценные работы по изучению процессов прессования, выполненные отечественными учеными Баландиным П.П., Бережным А.С., Казакевичем С.С., Кайнарским И.С. и др. [7, 70, 74, 76, 78, 81, 88, 94, 117, 131]

Уравнение Сапожникова для построения кривых прессования имеет вид

$$\Delta = \Delta_{\max} \left(1 - e^{-\frac{p}{k}} \right), \quad (1.1)$$

где Δ – величина осадки при прессовании, мм; Δ_{\max} – максимально возможная величина осадки до состояния критической плотности, мм; k – фактор прессования, полученный на основании экспериментальных данных для соответствующего материала.

Баландин П.П. предложил уравнение для определения распределения давления в брикетах, подвергаемых одностороннему сжатию,

$$q_h = q_o e^{-m \frac{h}{R_2}}, \quad (1.2)$$

где q_o – величина давления у прессующего штампа, Па; q_h – давление у неподвижного штампа при толщине прессовки h , Па; R_2 – гидравлический радиус сечения прессуемого брикета (отношение площади поверхности сечения s к периметру u); m – удвоенное произведение коэффициента трения массы о стенки пресс-формы на коэффициент бокового распора.

Уравнение (1.2) с достаточной точностью описывает закон распределения давлений по высоте брикета для различных сыпучих материалов.

Попильский и Кондрашов получили уравнение распределения плотности по высоте брикета путем совмещения уравнений Баландина и Бережного:

$$\rho_h = \rho_o + c_\rho \frac{h}{R_2}. \quad (1.3)$$

Однако это уравнение нельзя назвать универсальным, т.к. в него входят величины, которые определяются в результате эксперимента.

Например, в работе [16, 18] получена зависимость распределения давления по длине фильеры матрицы, которая имеет экспоненциальный характер от относительной длины цилиндрического канала матрицы:

$$p_3 = p_o \exp \left[2 f \xi \operatorname{ctg} \alpha \ln \left(1 - 2 \sin \alpha \frac{l_2}{l_1} \right) - 4 f \xi \left(\frac{l_1}{d_1} + \frac{l_3}{d_2} \right) \right] \quad (1.4)$$

где p_o – относительное противодавление; f – коэффициент трения древесной гранулы о стенки канала матрицы; ξ – коэффициент бокового давления; α – угол раскрытия конического участка фильеры матрицы; l_1 и l_3 – длина цилиндрического участка фильеры матрицы до и после конического участка; l_2 – длина конического участка фильеры матрицы; d_1 и d_2 – диаметры цилиндрических участков фильеры матрицы.

В основу данной математической модели были положены условия равновесия выделенного элемента древесной гранулы в канале матрицы под действием сил трения и давления [116].

Мюллер О.Д. и др. [74, 75] получили на основании теории упруго-пластического деформирования математическую модель прессования древесной гранулы в цилиндрическом канале фильеры матрицы на прессе с кольцевой матрицей:

$$p_3 = 2 \left(1 + \frac{k\nu}{2(1 - \cos \gamma) + \sin^2 \gamma} \right) \sigma_\tau \ln \frac{D}{d_o} + 4 \frac{kl}{d_o} \frac{E}{(1 + \nu)} \frac{(D_{\text{гр}} - d_o) \left(\frac{D_{\text{гр}}^2}{d_o^2} - 1 \right)}{d_o \left(1 - 2\nu + \frac{D_{\text{гр}}^2}{d_o^2} \right)}, \quad (1.5)$$

где σ_τ – среднее по объему значение напряжения течения спрессованной древесной шихты, Па; R_1 – радиус телесного угла, опирающегося на дугу диаметром D , м; R_2 – радиус телесного угла, опирающегося на дугу диаметром d_o , м; d_o – диаметр древесной гранулы в цилиндрической фильере матрицы, м; $D_{\text{гр}}$ – диаметр древесной гранулы после выхода из цилиндрической фильеры матрицы, м; ν – коэффициент Пуассона; E – модуль упругости; ξ – интенсивность скоростей деформации; l – длина цилиндрического участка фильеры матрицы, м; k – коэффициент трения древесной гранулы о цилиндрические стенки матрицы; 2γ – угол при вершине конического канала, град.

Из полученной зависимости (1.5) следует, что давление, развиваемое роликом для проталкивания спрессованной древесной гранулы, имеет линейный характер. В то же время на давление оказывают влияние такие параметры спрессованной древесной шихты, как модуль Юнга, коэффициент Пуассона и коэффициент трения древесной гранулы о цилиндрические стенки матрицы [116].

Они же установили [74, 75], что предварительная термическая обработка древесной коры (термодификация) позволяет решить проблемы ее обезвоживания и механического измельчения до гомогенного состояния для последующего гранулирования. Была получена зависимость для расчета массовой производительности пресс-гранулятора:

$$G = z \frac{\omega_1}{4} L R_r h_o \rho_o \left[1 - \frac{\Delta}{(R_r + e) E_{ш} - p_{пр}} - \frac{h_o}{2(R_r + e)} \right], \quad (1.6)$$

где $p_{пр}$ – давление формования и продавливания через фильеру матрицы гранулы из древесной коры, МПа; $E_{ш}$ – модуль упругости шихты из древесной коры, спрессованной при давлении $p_{пр}$, МПа; R_r – радиус прессовочного ролика, м; e – расстояние от оси цилиндрической матрицы до прессовочных роликов, м; Δ – величина зазора между наружной цилиндрической поверхностью прессовочных роликов и внутренней цилиндрической поверхностью матрицы, м; L – длина прессовочного ролика, м; ρ_o – насыпная плотность, кг/м³; ω – угловая скорость вращения ролика, с⁻¹; h_o – высота слоя шихты из древесной коры, м.

Полученная математическая модель связывает конструктивные и технологические параметры прессового оборудования не только с физическими параметрами исходного и спрессованного термомодифицированного древесного сырья, но и с давлением прессования готовых древесных топливных гранул. Ее применение позволит оптимизировать энергетические затраты на производство качественных древесных топливных гранул.

Ветюгов А.В. и др. [23] получили уравнение для расчета давления на поверхности «каток-материал», p_b , Па, в вальцово-матричном прессгрануляторе:

$$p_b = \rho' \frac{r^2 \omega_k^2 d\varphi}{g}, \quad (1.7)$$

где ρ' – средняя плотность прессуемого материала в активной части клиновидного пространства, кг/м³; r – радиус, м; ω_k – угловая скорость катка, с⁻¹; $d\varphi$ – угол между силой прижатия катка и окружной силой, град; и формулу для расчета конечной высоты прессуемого слоя h_1 :

$$h_1 = \frac{1}{E(r + h_i)^2 - r^2} \left[(1 - \mu)(p_b r^2 - p_n (r + h_i)^2 - r^2) + (1 - \mu)(p_b - p_n) \frac{r^2 (r + h_i)^2}{r} \right], \quad (1.8)$$

где r – радиус, м; E – модуль Юнга; p_n – давление на поверхности «материал-фильера», Па.

В вальцово-матричных пресс-грануляторах с кольцевой матрицей [23] рабочий процесс осуществляется в условиях незамкнутого клиновидного пространства между цилиндрическими контактными поверхностями матрицы и прессующего ролика. В связи с тем что характер изменения параметров напряженного состояния комбикорма в клиновидном пространстве недостаточно изучен, так как он сопровождается интенсивным непроизводительным боковым выдавливанием прессуемой массы за пределы рабочих поверхностей кольцевой матрицы и прессующего ролика, И.Т. Ковриковым [61] выявлено довольно интенсивное непроизводительное боковое выдавливание прессуемой массы, вследствие которого существенно снижается производительность и увеличивается энергоемкость гранулятора. И.Т. Ковриков [61] предложил метод исследования напряженного состояния в условиях незамкнутого и замкнутого клиновидного пространства, позволяющий получить распределение контактных напряжений в тангенциальном направлении и по ширине цилиндрических рабочих органов, определить осевые напряжения в слое комбикорма.

По измеренным напряжениям, нормальным к поверхности ролика, получены характеристики изменения радиальных напряжений в клиновидном пространстве при разных режимах работы прессующего механизма [118].

$$(\sigma_r)_{i,k} = (\sigma_n)_{i,k} + \frac{-1}{\beta} \text{Lambert } W \left(-\text{sgn } \tau m_{pk} \beta \tau_{so} \frac{\exp[\beta(\sigma_n)_{i,k}]}{\text{ctg } \gamma_i(\varphi_i)} \right); \quad (1.9)$$

$$(\sigma_r)_{i,k} = (\sigma_n)_{i,k} + m_{pk} \tau_{so} \exp(\beta \sigma_{l\Sigma}) \text{tg } \gamma_i(\varphi_i) (\varphi_i - \varphi_{nk}) \times \\ \times \left\{ (\varphi_{\varepsilon ok} - \varphi_{\varepsilon 1k}) - \text{sgn } \tau \left\{ \varphi_{nk} - 0,5 [\varphi_{\varepsilon ok} (1 - \text{sgn } \tau) + \varphi_{\varepsilon 1k} (1 + \text{sgn } \tau)] \right\} \right\}^{-1}; \quad (1.10)$$

Где φ_{ok} , $\varphi_{\varepsilon ok}$, φ_{nk} , $\varphi_{\varepsilon 1k}$, φ_{1k} – экспериментальные величины.

Показано, что в незамкнутом клиновидном пространстве контактные напряжения в осевом направлении всегда распределены неравномерно. Эта неравномерность устраняется путем предотвращения бокового выдавливания. Выражение (1.9) справедливо для зон опережения и отставания, вы-

ражение (1.10) – для зоны экструзии.

Лукасян А.В. [45] рассмотрел аналитическое решение течения Пуазейля – Куэтта для заданного градиента скорости сдвига на одной из границ прямоугольной области слоистого течения вязкой жидкости. Установлено, что геометрия профиля канала шнека оказывает существенное влияние на расходно-напорные характеристики двумерного потока преодолевающего гидравлическое сопротивление. Построены новые точные решения уравнений движения Навье – Стокса, описывающие двумерные слоистые течения Пуазейля – Куэтта. Рассмотрены граничные условия двух типов: задание градиента скорости сдвига на одной из границ и на трех границах одновременно. Установлено, что при задании градиента скорости сдвига задача является существенно двумерной: не существует линейного преобразования, позволяющего преобразовать исследуемые течения к одномерным. Полученное аналитическое решение задачи позволяет моделировать как безнапорное слоистое течение Куэтта, так и напорное течение Пуазейля с использованием общей математической зависимости для расчета расходно-напорных характеристик экструдеров с прямоугольным в сечении канала шнека в широком диапазоне геометрии витков, как в их поперечном сечении, так и по длине канала

Таким образом, общее решение вспомогательной краевой задачи Пуазейля для слоистого течения двумерного потока в прямоугольном канале образованного одной движущейся стенкой и преодолевающего гидравлическое сопротивление имеет вид:

$$u(x, y) = \sum_{k=0}^{\infty} \left[\left[\frac{4 \cdot V}{(2 \cdot k + 1) \cdot \pi} - \frac{4 \cdot b^2}{\pi^3 \cdot (2 \cdot k + 1)^3} \right] \cdot \operatorname{ch} \left(\pi \cdot x \cdot \frac{2 \cdot k + 1}{b} \right) + \frac{4}{\pi^3 \cdot (2 \cdot k + 1)^3} \left[b^2 \cdot \frac{\operatorname{sh} \left(\pi \cdot a \cdot \frac{2 \cdot k + 1}{2 \cdot b} \right)}{\operatorname{ch} \left(\pi \cdot a \cdot \frac{2 \cdot k + 1}{2 \cdot b} \right)} \cdot \frac{\Delta P}{\mu} - \pi^2 \cdot V \cdot \operatorname{cth} \left(\pi \cdot a \cdot \frac{2 \cdot k + 1}{b} \right) \cdot (2 \cdot k + 1)^2 \right] \cdot \operatorname{sh} \left(\pi \cdot x \cdot \frac{2 \cdot k + 1}{b} \right) + \left[\sin \left(\pi \cdot y \cdot \frac{2 \cdot k + 1}{b} \right) \cdot \left(\frac{4 \cdot b^2}{\pi^3 \cdot (2 \cdot k + 1)^3} \cdot \frac{\Delta P}{\mu} \right) \right] \right]$$

где a, b – габариты канала шнека ($a < b$), м; x, y – декартова система координат, ($0 < x < a$) и ($0 < y < b$); V – скорость движения стенок канала, м/с.

Кегелес В.Л. [59] исследуя процесс прессования сушеного свекловичного жома при максимальном давлении прессования 38-90 МПа, температуре продукта 20-80 С, его влажности 9-12 % получили зависимость давления прессования от угла поворота прессующего кольца описывается уравнением

$$p = a\varphi^b e^{c\varphi} p_{\max}, \quad (1.11)$$

где p и p_{\max} – соответственно текущее и заданное максимальное давление прессования, МПа; φ – угол поворота прессующего кольца; a , b , c – коэффициенты, характеризующие физико-механические свойства продукта.

Севостьянов И.В. [99], исследуя виброударное обезвоживание кофейного шлама, свекловичного жома и спиртовой барды установил, что предлагаемый способ обеспечивает по сравнению с другими известными механическими способами существенно меньшую конечную влажность отходов: $U_k = 20 - 24 \%$.

Предлагаемый способ виброударного обезвоживания имеет преимущества перед известными способами: более низкую по сравнению со шнековыми прессами производительность $P_{ж}$ и более высокая энергоемкость \mathcal{E}_o стенда.

Полученные зависимости параметров эффективности процесса виброударного обезвоживания кофейного шлама, свекловичного жома и спиртовой барды ($P_{ж}$, \mathcal{E}_o , U_k) от параметров их нагрузки: амплитуды Z_{Ia} и частоты ν колебаний вибростола стенда, максимального давления $p_{г.тах}$ в полости гидроцилиндра ГИП, средней скорости $v_{п}$ перемещения поддона с порцией отходов – позволяют определять оптимальный режим реализации предлагаемого способа в зависимости от вида отходов и при условии обеспечения наивысшей эффективности рабочего процесса.

Представлены графики (рисунок 1.28) в соответствии с которыми предлагаемый способ и оборудование обеспечивают более низкую по сравнению с известными механическими способами обезвоживания ко-

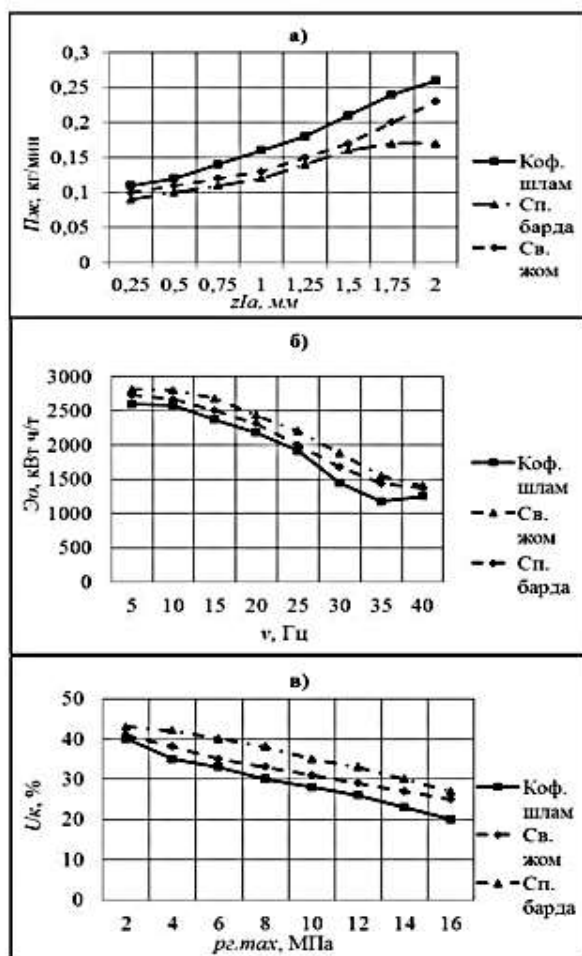


Рисунок 1.28 - Экспериментальные зависимости: а – производительности $P_{ж}$ виброударного обезвоживания от амплитуды z_{1a} колебаний вибростола при $\nu = 30$ Гц; $p_{г.тах} = 11$ МПа; $\nu_{п} = 300$ мм/мин; б – энергоемкости \mathcal{E}_0 виброударного обезвоживания от частоты ν колебаний вибростола при $z_{1a} = 1$ мм; $p_{г.тах} = 11$ МПа; $\nu_{п} = 300$ мм/мин; в – конечной влажности U_k порции отходов после их обезвоживания от максимального давления $p_{г.тах}$ в полости гидроцилиндра ГИП при $z_{1a} = 1$ мм; $\nu = 30$ Гц; $\nu_{п} = 300$ мм/мин

в витках шнека, с окружающей его перфорированной вставкой и определил величину давления жомовой массы на стенки, которая определяются геометрическими и режимными характеристиками шнекового движителя

$$p_x = p_o \exp\left(-\frac{2xfk(r_1 - r_b)}{\pi r_1^2}\right), \quad (1.12)$$

где r_1 , r_b – радиус окружности верхнего основания выделенного элемента

нечную влажность отходов – 20-25 %.

Основным преимуществом предлагаемого способа по сравнению с другими механическими способами обезвоживания следует считать обеспечение существенно более низкой конечной влажности отходов – 20 – 24 % против 30-76 %. Рассматриваемый стенд уступает известному оборудованию для механического обезвоживания по производительности $P_{ж}$ и энергоемкости \mathcal{E}_0 .

Авроров В.А. и др. [2],

изучая движение свекловичного жома в вертикальном шнековом компакторе и условия его уплотнения и отделения влаги под действием осевого и бокового давления, предложил модель взаимодействия свекловичного жома, перемещаемого

и радиус вала шнека, м; x – высота перфорированной вставки, м; f – коэффициент трения между материалом частицы и поверхностью витка; k – коэффициент пропорциональности.

Им были выявлены зависимости, определяющие степень уплотнения жома в межвитковом пространстве шнека с переменным шагом витков и углов их наклона и в зоне упругой многолепестковой диафрагмы и определена величина прогиба лепестков диафрагмы под действием давления, оказываемого перемещаемым в компакторе жомом.

Скорость течения жидкой фракции через отверстия вставки, м/с

$$v_o = \frac{\pi n}{60} (r_n + r_{вн}) k_b \operatorname{tg} \beta_n \quad (1.13)$$

где r_n , $r_{вн}$ – наружный и внутренний радиусы последнего витка шнека, м; k_b – коэффициент объемной подачи жидкой фракции (0,34...0,4); β_n – угол наклона последнего витка шнека.

Таким образом, полученные зависимости позволяют определить условия удаления жидкой фракции через перфорированную вставку при прессовании свекловичного жома.

В работе *К.В. Казаков, А.С. Колесников* [58] говорится, что предложенные многими исследователями эмпирические зависимости давления p от плотности ρ сжимаемого материала сводится либо к параболическим вида

$$p = a \rho^B, \quad (1.14)$$

либо к экспоненциальным [6] вида

$$p = a e^{B\rho}, \quad (1.15)$$

где a и B – эмпирические коэффициенты.

Процессы, подчиняющиеся экспоненциальному закону, встречаются в природе и технике особенно часто и в тех случаях, когда интенсивность изменения какой – либо величины пропорциональна самой этой величине. По нашему мнению, наиболее приемлемой можно считать зависимость

$$p = k[\exp a(\rho - \rho_0) - 1], \quad (1.16)$$

которую можно подтвердить экспериментальными данными, в большом диапазоне измерений p и ρ . Входящие в зависимость (1.16) эмпирические коэффициенты k и a в свою очередь являются функциями ряда переменных, в том числе начальной плотности. Это весьма важный в технологическом отношении параметр, и его целесообразно ввести в качестве особой переменной.

Изменение плотности материала при переходе его от одной ступени рабочего органа к другой ступени служат основным фактором, определяющим их энергоемкость.

Зависимости входящих в эмпирическую формулу (1.16) коэффициентов k и a от начальной плотности материала имеют вид

$$k = \frac{1}{A+B\rho_0+C\rho_0^2}, \quad (1.17)$$

$$a = D + E\rho_0 + K\rho_0^2 + L\rho_0^3, \quad (1.18)$$

где A, B, C, D, E, K и L – коэффициенты для свекловичного жома значение которых необходимо получить эмпирическим путем.

Чтобы получить материал определенной плотности, к жому необходимо приложить большее давление, которое можно определить из следующего выражения.

Окончательно

$$p = \frac{\exp[(D+E\rho_0+K\rho_0^2+L\rho_0^3)(\rho-\rho_0)]^{-1}}{F+B\rho_0+C\rho_0^2}. \quad (1.19)$$

Следует отметить, что формула (1.19) учитывает только давление, необходимое для доведения материала до заданной плотности, и не отражает потерь давления на преодоление сожимаемого материала о рабочие органы. Поэтому сопротивление трения необходимо определить дополнительно.

Отжатый и спрессованный жом удаляется из пресса через кольцевую щель, образованную краем цилиндрического сита или торцом полого вала и поверхностью регулирующего конусного устройства.

В некоторых конструкциях прессов, как, например, в прессах фирмы

«Буккау-Вольф», жом удаляется через отверстия в неподвижном диске.

Производительность прессы определяется по формуле

$$G = FS(n/60)\rho\varphi, \quad (1.20)$$

где F – площадь кольцевого выходного отверстия или сумма площадей отдельных отверстий диска, м²; S – шаг наклонного витка, расположенного в выходной щели, м; n – частота вращения вала шнека, мин⁻¹; ρ – плотность отжатого жома, кг/м³; φ – отношение площади, занятой прерывистыми витками, к площади винтовой поверхности, на которой расположены прерывистые витки (расчет производится для одного витка у выходной щели).

Поскольку процесс в шнековом прессе протекает с отводом прессовой воды, объемная производительность является функцией расстояния данного сечения от начала шнека. Производительность шнека в i – м сечении (м³/с)

$$G_i = [(\pi(D_2 - d_i^2)S_ik_{np}) / 4 - V_w] \cdot n/60, \quad (1.21)$$

где D – наружный диаметр шнека, м; d_i – средний диаметр корпуса шнека на данном участке, м; S_i – шаг витка на данном участке, м; k – коэффициент перемещения, учитывающий проскальзывание жома; V_w – объем, занимаемый витками шнека на длине одного шага, м³; n – частота вращения шнека, мин⁻¹.

Для двухшнекового горизонтального прессы зависит от давления прессования.

$$k_{np} = 0,932 - (0,432 / (P_n + 1,2)), \quad (1.22)$$

где P_n – давление прессования (0,035...2,0) МПа.

Объем (м³), занимаемый одним витком шнека, с точностью до 2 % определяют по формуле

$$V_w = (\pi b(D_2 - d_i^2)) / 4 \cos\beta_i, \quad (1.23)$$

где b – толщина витка, м; β – угол подъема винтовой линии на данном отрезке длины.

Подставляя значение k_{np} и V_w в формулу (1.23), получим

$$G_i = (\pi n / 240) * (D_2 - d_i^2)(S_ik_{np} - (b / \cos\beta_i)), \quad (1.24)$$

Мощность привода пресса (кВт)

$$N = (N_t + N_k + N_g + N_{сж} + N_n) \cdot (1/\eta_{пр}), \quad (1.25)$$

где N_t – мощность, необходимая для преодоления сил трения продукта по ситовому корпусу; N_k – то же, по поверхности корпуса; N_g – то же, по поверхности витков шнека; N_n – мощность, необходимая для сжатия жома; $N_{сж}$ – мощность, необходимая для перемещения жома; $\eta_{пр}$ – КПД привода.

Гранулирование свекловичного жома. Определим эти параметры для наиболее распространенных пресс-грануляторов с кольцевой вертикальной матрицей (рисунок 1.29).

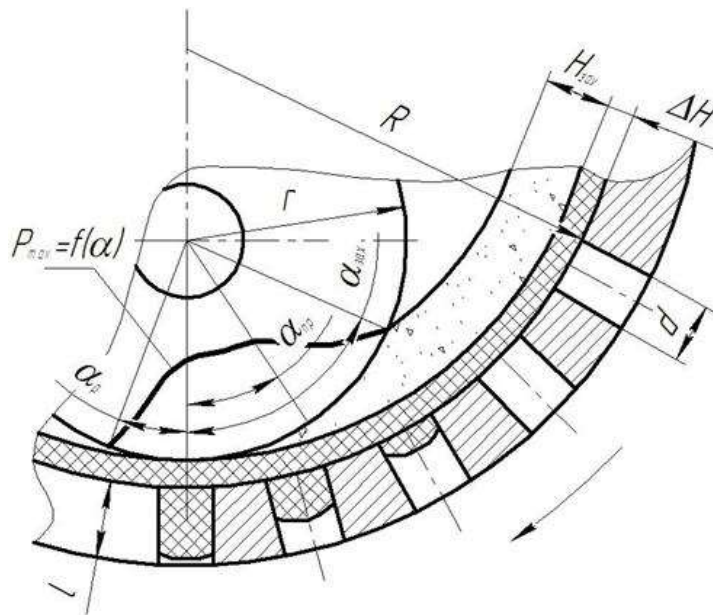


Рисунок 1.29 – Схема прессования материала вальцом в кольцевой матрице

Производительность гранулятора определяется по формуле

$$Q = 3,6 k \rho_n z_p \frac{\pi d_0^2}{4} i_0 v_z, \quad (1.26)$$

где K – поправочный коэффициент, учитывающий площадь перемычек между отверстиями матрицы ($k = 0,06 \dots 0,07$); ρ_n – насыпная плотность гранул, кг/м³; z_p – число прессующих вальцов; d_0 – диаметр отверстий в матрице, м; i_0 – число отверстий в матрице, шт.; v_z – скорость продвижения гранулы в отверстия матрицы, м/с.

Из формулы (1.26) видно, что для повышения производительности необходимо увеличивать диаметр отверстий матрицы и скорость движения

гранул в отверстиях матрицы. Эти условия можно обеспечить следующим:

- надлежащим (тонким) измельчением материала;
- снижением коэффициента трения материала о стенки фильеры (обработка паром, щелочью, введение добавок с низким коэффициентом трения).

Значение диаметра отверстий ограничивается требованиями создания одинакового напряжения в середине гранулы и его максимальное значение 23 мм.

Отношение внутреннего диаметра матрицы к диаметру вальца характеризуется коэффициентом $\psi = 0,4 \dots 0,47$.

Давление, необходимое для уплотнения корма до требуемой плотности, находят по зависимости

$$P_{max} = P_0 e^{\gamma(\rho_{max} - \rho_0)}, \quad (1.27)$$

где P_0 , a – коэффициенты, характеризующие уплотняемость материала; ρ_0 , ρ_{max} – начальная и максимальная плотности материала, кг/м³.

Обычно $\rho_{max} = 1,1 \dots 1,4$ заданной плотности $\rho_{зад}$.

Давление P_{max} действует на этапе $\alpha_{пр}$ (угол проталкивания)

$$P_{max} = (1,2 \dots 1,4)P_{пд}, \quad (1.28)$$

где $P_{пд}$ – противодействие каналов матрицы, кПа.

Противодействие создается за счет числа каналов и их длины L :

$$L = \frac{S_k}{u\beta f} \ln\left(1 + \frac{\beta P_{пд}}{q_0}\right), \quad (1.29)$$

где S_k – площадь поперечного сечения единичного канала, м²; u – периметр поперечного сечения канала, м; β – коэффициент бокового давления; f – коэффициент трения гранулируемого материала о стенки канала; q_0 – остаточное боковое давление, кПа.

Площадь рабочей поверхности матрицы определяется по формуле

$$F = \frac{Q_{гтв}}{k_{пL\rho_k}}, \quad (1.30)$$

где $t_{в}$ – время выдержки гранулируемого материала в канале, ч; $k_{п}$ – коэффициент перфорации матрицы ($k_{п} = 0,85 \dots 0,95$); ρ_k – плотность материала,

находящегося в канале, кг/м^3 ($\rho_k = (0,92 \dots 0,95) \cdot \rho_{\max}$); λ – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения материала по поверхности матрицы ($\lambda = 1,5 \dots 2,5$).

Радиус матрицы R , м, определяется как

$$R = \sqrt{\frac{F}{2\pi\psi\psi_1}}, \quad (1.31)$$

где ψ_1 – отношение ширины вальца к его радиусу ($\psi_1 = 1,0 \dots 1,6$).

Частота вращения матрицы определяется исходя из условия обеспечения требуемой (расчетной) плотности гранул на разрыв, их длины, радиуса матрицы и длины каналов

$$n_{\max} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\sigma}{l(R+L)\rho}}, \quad (1.14)$$

где σ – прочность гранул на разрыв, кПа ($1,3 \dots 1,7$ кПа); l – длина гранул, м ($1,5 \dots 2,0$) – диаметра гранул); ρ – расчетная плотность гранул, кг/м^3 .

Толщина, захватываемая вальцом слоя рассыпного материала равна

$$H_{\max} = \frac{Q_{\Gamma}}{2\pi R b n z \rho_0}, \quad (1.32)$$

где b – ширина вальца, м.

Производительность штемпельного прессы

$$Q_{\max} = 3.6 F l_{\text{cp}} \cdot n z \rho, \quad (1.33)$$

где F – площадь поперечного сечения камеры уплотнения, м^2 ; N – частота двойных ходов штемпеля, с; Z – число штемпелей; l_{cp} – средняя длина брикета, м; ρ – конечная плотность брикета, кг/м^3 .

Анализ имеющихся литературных данных показывает, что аналитическое решение задачи течения расплава в грануляторе крайне затруднено вследствие сложности достаточно точного математического описания влияния на процесс гранулирования различных факторов [11, 14, 18, 20, 22-24, 47, 60, 63, 77].

1.6 Анализ литературного обзора, формулировка цели и основных задач исследования

Анализ приведенных данных показывает, что недостаточное изучение общих закономерностей процесса прессования свекловичного жома на прессах глубокого отжима сдерживает использование новых перспективных способов и разработку на их основе эффективных грануляторов, позволяющих интенсифицировать технологию с одновременным обеспечением высокого качества гранулированного жома [24, 41, 60, 63, 71, 73, 77, 93, 112, 113, 115, 117, 123]. Развитие этого направления и общее состояние технологии гранулирования свекловичного жома остается неудовлетворительным. Узок ассортимент вырабатываемых гранул, а качество их зачастую уступает необходимым требованиям. Это вызывает необходимость глубокого изучения теории и практики гранулирования жома. Однако современный уровень знаний о механизме процесса гранулообразования недостаточен для решения задач, поставленных практикой. Несовершенство устаревших прессов и грануляторов на сахарных заводах отражается на качестве выпускаемого свекловичного жома, создает сложности при соблюдении режимов обработки, что приводит к его удорожанию. В связи с этим важное значение приобретают задачи серьезного решения вопросов получения гранулированного жома. Для создания эффективных грануляторов на основе совместного рассмотрения кинетических режимов гранулирования с физико-химическими и структурно-механическими характеристиками жома, необходимо выполнение соответствие гидродинамического режима технологическому процессу гранулирования (рисунок 1.30).

Цель диссертационной работы: развитие научно-практических основ процесса прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима при переменных кинематических режимах; разработка конструкции комбинированного пресс-гранулятора и перспективной технологии, направленной на снижение энергозатрат.

Цель диссертационной работы: развитие научно-практических основ процесса прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима при переменных кинематических режимах; разработка конструкции комбинированного пресс-гранулятора и перспективной технологии, направленной на снижение энергозатрат.

- исследование кинетических закономерностей процесса прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима при переменных кинематических режимах с обоснованием рациональных параметров процесса отжима жомопрессовой воды;
- математическое моделирование процесса прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима при переменных кинематических режимах, разработка методики инженерного расчета пресс-гранулятора для свекловичного жома; разработка методики инженерного расчета пресс-гранулятора с кольцевой матрицей;
- разработка конструкции комбинированного пресс-гранулятора, состоящего из последовательно соединенных наклонного трехзонного шнекового пресса и гранулятора с плоской матрицей реализующий высокую эффективность отжатия жидкой фазы из свекловичного жома;
- разработка переменных кинематических режимов работы пресса глубокого отжима, технологической линии производства гранулированного свекловичного жома с использованием кормовых добавок;
- комплексная оценка химического состава, физико-химических свойств и показателей качества свекловичного жома;
- проведение промышленной апробации и производственных испытаний разработанных переменных кинематических режимов работы пресса глубокого отжима.



Рисунок 1.30. – Общая схема теоретических и экспериментальных исследований процесса прессования свекловичного жома

В соответствии с целью решались **следующие задачи:**

- исследование кинетических закономерностей процесса прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима при переменных кинематических режимах с обоснованием рациональных параметров процесса отжима жомопрессовой воды;
- математическое моделирование процесса прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима при переменных кинематических режимах, разработка методики инженерного расчета пресс-гранулятора для свекловичного жома; разработка методики инженерного расчета пресс-гранулятора с кольцевой матрицей;
- разработка конструкции комбинированного пресс-гранулятора, состоящего из последовательно соединенных наклонного трехзонного шнекового пресса и гранулятора с плоской матрицей реализующий высокую эффективность отжатия жидкой фазы из свекловичного жома;
- разработка переменных кинематических режимов работы пресса глубокого отжима, технологической линии производства гранулированного свекловичного жома с использованием кормовых добавок;
- комплексная оценка химического состава, физико-химических свойств и показателей качества свекловичного жома;
- проведение промышленной апробации и производственных испытаний разработанных переменных кинематических режимов работы пресса глубокого отжима.

ГЛАВА 2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА

2.1 Экспериментальная установка и методика проведения эксперимента

Исследования процесса прессования свекловичного жома проводили на экспериментальном пресс-грануляторе (рисунок 2.1) [55].



Рисунок 2.1 – Экспериментальный пресс-гранулятор: 1 – сливной желоб, 2 – формовочная матрица, 3 – греющие элементы рабочей камеры, 4 – загрузочная воронка, 5 – шнековый питатель, 6 – привод шнекового питателя, 7 – сенсорный пульт управления, 8 – кнопка аварийной остановки, 9 – перфорированная камера, 10 – привод ножа, 11 – рабочая камера

В состав пресса (рисунок 2.1) входят загрузочная воронка 4, шнековый питатель 5, рабочая камера 11, перфорированная камера 9, формовочная матрица 2, сливной желоб 1, греющие элементы 3 рабочей камеры, привод 6 шнекового питателя, сенсорный пульт управления 7, кнопка аварийной остановки 8, привод 10 ножа.

Влажный свекловичный жом из диффузионного аппарата с начальной

влажностью 93,5-94,0 % загружается в пресс-гранулятор через загрузочную воронку 4, расположенную в верхней части пресс-гранулятора и подается в шнековый питатель 5. Одновременно включается привод 6, осуществляя вращение шнека внутри питателя 5 и жом начинает поступать через загрузочную воронку 4 рабочую камеру гранулятора 11.

Внутри рабочей камеры 11 вращаются навстречу друг другу два шнека с переменным шагом витков, которые осуществляют транспортировку и уплотнение сырья. За счет создаваемого давления внутри рабочей камеры 11 происходит отделение воды из жома.

Отжим свекловичного жома достигается при его движении между двух шнеков, сквозь постепенно сужающиеся пространства, а отжатая (жомопрессовая) вода удаляется через отверстия перфорированной камеры 9 и стекает по сливному желобу 1, а гранулированный жом выходит через отверстие формовочной матрицы 2.

С помощью сенсорного пульта управления 7 осуществляется регулирование частоты вращения шнеков внутри рабочей камеры 11 в диапазоне от 0 до 50 Гц (число оборотов по электродвигателю 1500 об/мин), также регулируется частота вращения шнека внутри шнекового питателя в диапазоне от 0 до 50 Гц (число оборотов по электродвигателю 750 об/мин).

Рабочая камера 11 состоит из 4-х секций, каждая из которых имеет возможность подогреваться с помощью греющих элементов 3 и охлаждаться водой, подаваемой в кольцевое пространство, которое выполнено в виде рубашки вокруг рабочей камеры 11 (находится под греющими элементами).

Выходящий из формовочной матрицы 2 жом, отсекается ножом с помощью привода 10. При этом длина гранул жома регулируется с помощью изменения частоты вращения привода 10 в диапазоне от 0 до 30 Гц (число оборотов по электродвигателю 750 об/мин).

Давление в формовочной матрице измеряется при помощи датчика, показания которого выводятся на дисплей пульта управления.

Поддержание температуры жома в рабочей камеры осуществляется в ав-

томатическом режиме, причем диапазон отклонений от заданной температуры не превышает ± 2 °С.

Перечень гибридов сахарной свеклы, перерабатываемых на Боринском сахарном заводе в 2021 г, приведен в таблице 2.1.

Т а б л и ц а 2.1 – Гибриды сахарной свеклы, перерабатываемые на Боринском сахарном заводе в 2021 г.

Гибрид сахарной свёклы	Зачетный вес, т	Удельный вес в общем количестве, %
Бакара	14 938	5,5
Констанция	18 192	6,7
Наркос	5 206	1,9
Игорь	13 766	5,1
Байкал	13 891	5,1
Гамильтон	5 665	2,1
Протес	3 091	1,1
Тибул	6 393	2,4
Марино	3 801	1,4
Добрава	50 808	18,7
Гармония	13 999	5,2
Рекордина	4 906	1,8
Максимелла	18 096	6,7
Брависсима	3 071	1,1
Крокодил	6 971	2,6
Рино	3 439	1,3
Синоп	12 023	4,4
Виорика	15 032	5,5
Аландо	10 348	3,8
Бритни	10 954	4,0
БТС-320	16 789	6,2
БТС-980	6 810	2,5
Кадиллак	13 414	4,9
Итого:	271 602	100,0

На выходе из диффузионного аппарата влажность обессахаренной свекловичной стружки составляла 87,3 %, что соответствовало СВ = 12,7 %. При этом изменение содержания сахарозы в прессованном жоме колебалось в диапазоне от 1,2 до 3,0 % к его массе, при среднем значении – 2,28 %. Данные значения потерь сахарозы с прессованным жомом в размере 0,28-0,30 % не превышали нормативных значений.

Содержание сухих веществ в получаемом диффузионном соке составля-

ло 14,7-15,0 %, сок имел стабильную чистоту – 89,5-90,0 % и рН 6,0-6,2.

Выявлено существенное влияние формы стружки при изрезывании: придание стружки формы пластины содержание сухих веществ в отжатом жоме составляло 25,8-26,1 %, а – желобчатой формы уменьшало содержание сухих веществ в отжатом жоме до 24 %. Таким образом, более плотное прилегание пластинчатой стружки за счет меньших воздушных пор между ними при прессовании в отличие от желобчатой способствовало лучшему уплотнению материала при прессовании.

Установлено, что пластинчатая форма стружки при прессовании на прессе глубокого отжима сокращала содержание СВ в свекловичном жоме на 1,1-2,0 %. [42, 106, 107]. Динамика влияния гранулометрического состава свекловичной стружки перед и после прессования, а также гранулированного жома приведена в таблице 2.2.

Т а б л и ц а 2.2 – Параметры и гранулометрический состав свекловичной стружки перед и после прессования, а также гранулированного жома

Наименование параметров	Жом перед прессом		Жом после пресса		Гранулированный жом	
рН	4,94		5,10		5,37	
Влажность, %	88,3		71,8		11,1	
Содержание сахара, %	2,28		1,9		4,64	
Размер частиц	Длина стружки, мм	%	Размер сита, Ø, мм	%	Диаметр гранул 10 мм	
	0,5	0,5	>4	58,9	Длина гранул, мм	%
	<10	24,8	3,5	3,8	10-14	2
	10-20	30,3	3,0	27,4	15-20	8,7
	20-35	9,3	2,5	0,3	25-30	19,3
	35-40	14,7	2,0	3,4	30-35	16,5
	40-85	20,9	1,5	2,1	35-40	26,0
			1,2	2,3	41-47	27,5
			Ø 1,0 мм	0,8 %		
			Ø 0,8 мм	1 %		

Технологические режимы процессов отжима, сушки и гранулирования свекловичного жома приведены в таблице 2.3.

Т а б л и ц а 2.3 – Технологические режимы процессов отжима, сушки и гранулирования свекловичного жома

Показатель	Значение
Содержание сухих веществ в жоме	
поступающем на пресс, % жома	8,0-12,0
отжатом	24,0-32,0
сушеном	87,0-89,0
Массовая доля влаги в гранулированном жоме, % жома	11,0-13,0
Массовая доля сахарозы в гранулированном жоме, % к м.св.	5,0-7,0
Размер гранул, мм	
диаметр, мм	10,0
длина, мм	15-50
Количество выработанного гранулированного жома, т/ч	4,5-8,0
Температура, °С	
жома, поступающего в пресс	50
гранул после гранулятора	70,0-80,0
гранул после охладителя	20,0-25,0
сушеного жома в выгрузочной камере	80,0-100,0
газов в топочной камере	1200...1500
сушильного агента в камере смешения	500...800
отработавшего сушильного агента на выходе из установки	120,0...150,0
рН жомопрессовой воды	5,5
Норма расхода дезинфектанта, г/тн св	15
Норма расхода пеногасителя, г /тн св	15
Количество мезги в жомопрессовой воде, г/литр	3,0 – 4,0
Давление газа у горелок, кПа	20
Давление воздуха у газовых горелок, кПа	4-5
Разрежение в топочной камере, кПа	100-250
Разрежение перед сушильным барабаном, Па	100-250
Разрежение за сушильным барабаном, Па	900-1500
Температура газов на выходе из топки, °С	500-800

2.2 Кинетические закономерности процесса прессования свекловичного жома

Для выявления основных кинетических закономерностей процесса прессования свекловичного жома были проведены исследования по влиянию выхода жома в зависимости от концентрации сухих веществ прессованного жома для вывода пресса в оптимальный режим работы за счет частотного преобразователя.

Содержание сахара в сыром жоме определяли по формуле [65]

$$M_{с.ж}^{сах} = \frac{M_{п.ж} \cdot M_{п.ж}^{сах} (M_{с.ж} - M_{м})}{M_{с.ж} \cdot (M_{с.ж} - M_{м}) - (M_{с.ж} - M_{п.ж})^2}, \quad (2.1)$$

где $M_{с.ж}^{сах}$ – содержание сахара в сыром жоме, %; $M_{п.ж}^{сах}$ – содержание сахара в прессованном жоме, %; $M_{с.ж}$ – выход сырого жома, % к массе свёклы; $M_{м}$ – содержание мякоти в свёкле, %; $M_{п.ж}$ – выход прессованного жома, % к массе свёклы, который вычисляется по формуле

$$M_{п.ж} = \frac{M_{с.ж} \cdot M_{с.ж}^{св}}{M_{п.ж}^{св}}. \quad (2.2)$$

где $M_{с.ж}^{св}$ и $M_{п.ж}^{св}$ – содержание сухих веществ соответственно в свежем и прессованном жоме, %.

Установлена зависимость содержания мякоти в свёкле от потерь сухих веществ при прессовании жома

$$M_{м.св} = 2,30077 + 0,11475 \cdot CX_{св}. \quad (2.3)$$

Величина потерь сухих веществ за счёт их перехода в жомопрессовую воду в результате прессования рассчитывается по уравнению [65]

$$M_{пот}^{св} = 1,0727 \cdot e^{-0,07518 \cdot СВ}. \quad (2.4)$$

В настоящее время на сахарных заводах страны для определения выхода жома в зависимости от концентрации сухих веществ прессованного жома и мякоти с учётом потерь сухих веществ при прессовании используется таблица

(Приложение П-2.1) для расчета допустимого содержания сахара в сыром жоме в зависимости от выхода прессованного жома и содержания в нём сахара [65].

В связи с этим очень важно выявление закономерностей изменения основных параметров свекловичного жома с различной начальной влажностью на Боринском сахарном заводе (Липецкая область) в процессе его отжатия для

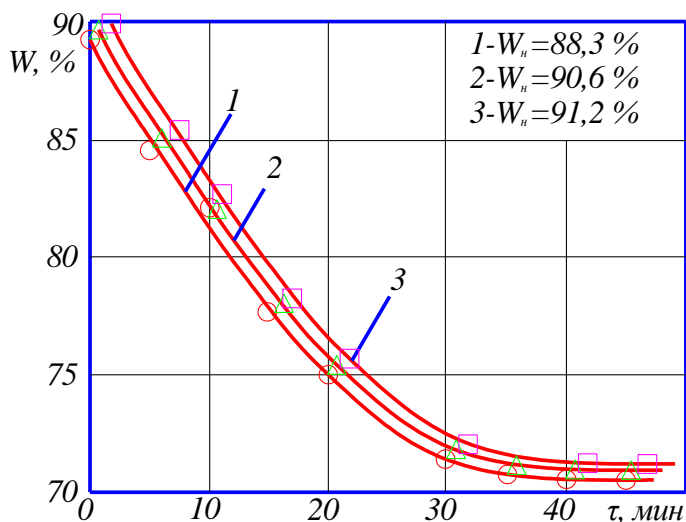


Рисунок 2.2. – Зависимость изменения влажности жома в процессе прессования свекловичного жома с различной начальной влажностью W_n , %: 1 – 88,3; 2 – 90,6; 3 – 91,2

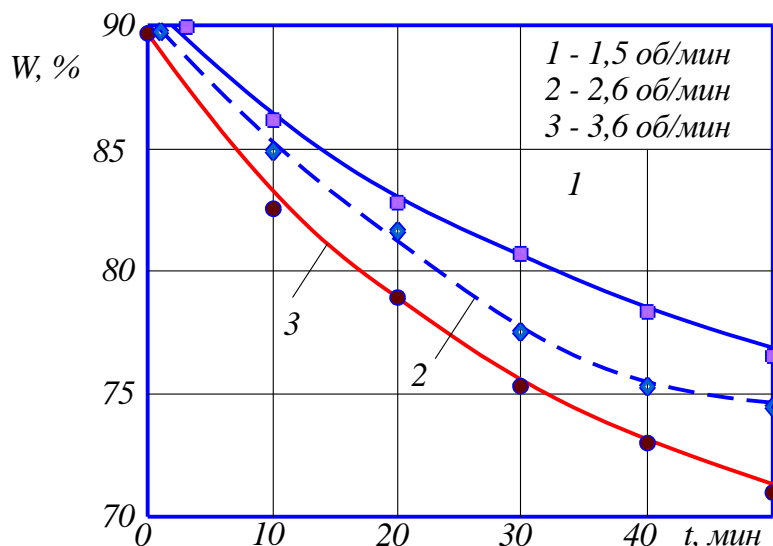


Рисунок 2.3. – Зависимость изменения влажности жома в процессе прессования свекловичного жома при различных скоростях вращения шнеков n , об/мин: 1 – 1,5; 2 – 2,6; 3 – 3,6

вывода пресса глубокого отжима на оптимальный режим работы с помощью частотного преобразователя электродвигателя привода.

На рисунке 2.2 представлены зависимости изменения влажности свекловичного жома в процессе прессования при различных начальных влажностях W_n . Экспоненциальный ха-

рактер изменения влажности свекловичного жома в процессе прессования характерен для всех трех значений начальной влажности W_n в диапазоне от 88,3 % до 91,2 %. Изменение начальной влажности свекловичного жома в вышеуказанном диапазоне при прессовании свекловичного жома оказывает незначительное влияние на продолжительность процесса прессования.

На рисунке 2.3 представлены зависимости изменения влажности свекловичного жома в процессе прессования при различных скоростях вращения шнеков n .

Увеличение скорости вращения шнеков с 1,5 об/мин до 3,6 об/мин существенно влияет на изменение конечной влажности свекловичного жома: она снижается от 77,2 % до 71,3 %.

2.3 Разработка математической регрессионной модели процесса прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима

Производство сушеного жома связано со значительными энергозатратами, обусловленными высокой начальной влажностью и необходимостью испарения влаги при его тепловой сушке в барабанных сушилках [3, 51, 67, 68,70].

Большинство сахарных заводов России для отжима влажного жома применяют прессы жома ПСЖН-68 для получения жома с влажностью 90-89 % (содержание сухих веществ (СВ = 10-11 %), и жомоотжимные прессы ГХ-2, на которых отжимают жом до влажности 82-86 % (содержание СВ 14-18 %) [40, 113].

На зарубежных сахарных заводах применение прессов глубокого отжима позволяет получать жом с влажностью 65-70 % (содержание СВ 30-35 %). Поэтому отечественные производители сахара для сокращения энергозатрат процесса сушки прессованного стремятся к максимально возможному механическому обезвоживанию жома [103, 114, 132, 133, 139].

Более низкая начальная влажность прессованного на прессах глубокого отжима жома позволяет сушить весь вырабатываемый заводом жом при более низких удельных энергозатратах [113, 133, 139].

Отжим свекловичного жома наиболее оптимальным способом позволяет повысить концентрацию сухих веществ в жоме.

Таким образом, для повышения энергетической эффективности получения сухого гранулированного жома важно добиться на стадии прессования

максимально возможного отжатия влаги.

Целевыми функциями при переработке свекловичного жома являются остаточное содержание сахара в жоме и кормовая ценность (содержание кормовых единиц), а параметрами – кислотность рН, влажность, размер частиц, длина свекловичной стружки. Содержание сахара в жоме необходимо минимизировать. Процесс отжима жома идет 35-45 мин в зависимости от оборотов шнека пресса (среднее время 40 мин).

В качестве исходных параметров были приняты следующие параметры прессования свекловичного жома:

- показатель рН = 4,94-5,10;
- влажность начальная (перед прессом) $W_n = 88,3 \%$;
- влажность конечная (после пресса) $W_k = 71,8 \%$;
- содержание сахара в жоме перед прессованием $C_{xn} = 2,28 \%$;
- содержание сахара в жоме после прессования $C_{xk} = 1,9 \%$;
- длина свекловичной стружки перед прессованием, $l_{нэКВ} = 10-40$ мм;
- длина свекловичной стружки после прессованием, $l_{кэКВ} = 1,2-25$ мм;
- общая биологическая обсемененность 0-1000 клеток в 1 г свекловичного жома;
- кислотность жома перед прессованием $pH_{нп} = 4,94$;
- кислотность жома после прессования $pH_{кп} = 5,10$;
- кислотность гранулированного жома $pH_{гр} = 5,37$;
- начальная влажность жома перед прессованием – 88,3 %, конечная влажность жома после прессования – 71,8 %.

Установлено, что после 10 мин прессования влажность составляет 82,3 %, после 20 мин – 71,6 %, после 30 мин – 72,3 %.

Применение модуля Fuzzy Logic Toolbox, входящего в пакет MatLab, позволило использовать математическое моделирование на основе аппарата нечеткой логики, а применение модуля Surfase Viewer [6] представить графический вид результатов моделирования.

Такие исследования предварительно проводились с помощью пакета

прикладных программ CurveExpert 1.3 [5].

Вместе с тем, поскольку взаимные коэффициенты корреляции отдельных параметров эксперимента достаточно близки к 1, представляется целесообразным дополнительно исследовать влияние каждого из этих параметров на целевые параметры процесса: комовую ценность и остаточные сахара.

Изменения содержания сахара в жоме (таблица 2.4) описывались следующими уравнениями:

– в зависимости от кислотности жома в течение процесса прессования

$$y_c = 6,6925 - 1,7 x_{pH} + 0,15 x_{pH}^2; \quad (2.5)$$

– в зависимости от влажности жома в течение процесса прессования

$$y_c = 10,83 - 0,24 x_w + 0,0016 x_w^2; \quad (2.6)$$

– в зависимости от длины свекловичной стружки в течение процесса прессования

$$y_c = 1,897 + 0,00069 x_L + 0,0005 x_L^2; \quad (2.7)$$

Т а б л и ц а 2.4 – Данные экспериментов по выявлению остаточного сахара

Кислотность жома, x_{pH}	Влажность жома, x_w , %	Длина свекловичной стружки x_L , мм	Содержание сахара в жоме y_c , %
4,04	88,9	26,9	2,28
4,37	87,3	21,23	2,156
4,7	83,7	15,52	2,01
5,03	77,4	9,76	1,977
5,37	71,8	4,05	1,901

Изменение кормовой ценности (таблица 2.5) описывались следующими уравнениями:

– в зависимости от длины свекловичной стружки в течение процесса прессования

$$y_{кц} = 114 - 7,4365 x_L + 0,14075 x_L^2; \quad (2.8)$$

– в зависимости от влажности жома в течение процесса прессования

$$y_{\text{кц}} = 916,3 - 17,6 x_{\text{w}} + 0,084 x_{\text{w}}^2 ; \quad (2.9)$$

– в зависимости от кислотности жома в течение процесса прессования

$$y_{\text{кц}} = 686,14 - 330,73 x_{\text{pH}} + 40,787 x_{\text{pH}}^2 .; \quad (2.10)$$

Т а б л и ц а 2.5 – Данные экспериментов по выявлению кормовой ценности

Кислотность жома, x_{pH}	Влажность жома, x_{w} , %	Длина свекловичной стружки x_{L} , мм	Содержание кормовых единиц $y_{\text{кц}}$,
4,04	88,9	26,9	16
4,37	87,3	21,23	21,2
4,7	83,7	15,52	26,5
5,03	77,4	9,76	61,2
5,37	71,8	4,05	84

Полученные уравнения регрессии (2.5 – 2.10) достаточно хорошо отражают закономерности изменения важнейших параметров: кормовой ценности прессованного жома и содержания в нем сахаров.

В конечном результате было получено регрессионное уравнение, описывающее изменение содержания остаточного сахара в свекловичном жоме в процессе прессования:

$$y_{\text{с}} = 4,248 - 0,180 x_{\text{pH}} - 0,020 x_{\text{w}} + 0,022 x_{\text{L}}. \quad (2.11)$$

Регрессионная статистика: множеств. $R = 0,9960$; R -квадрат = $0,9920$; нормированный R -квадрат = $0,9681$; стандартная ошибка $\sigma = 0,02708$.

Было получено регрессионное уравнение, описывающее изменение содержания кормовых единиц в свекловичном жоме в процессе прессования:

$$y_{\text{с}} = 1328,178 - 142,566 x_{\text{pH}} - 6,299 x_{\text{w}} - 6,499 x_{\text{L}}. \quad (2.12)$$

Регрессионная статистика: множеств. $R = 0,99554$; R -квадрат = $0,99111$; нормированный R -квадрат = $0,96445$; стандартная ошибка $\sigma = 5,562$.

Полученные уравнения (2.11 – 2.12) адекватно описывают изменение содержания сахара в жоме и его кормовой ценности в зависимости от кислотности и влажности жома, а также от длины свекловичной стружки.

Графические результаты таких исследований приведены на рисунках 2.4-2.9 [53].

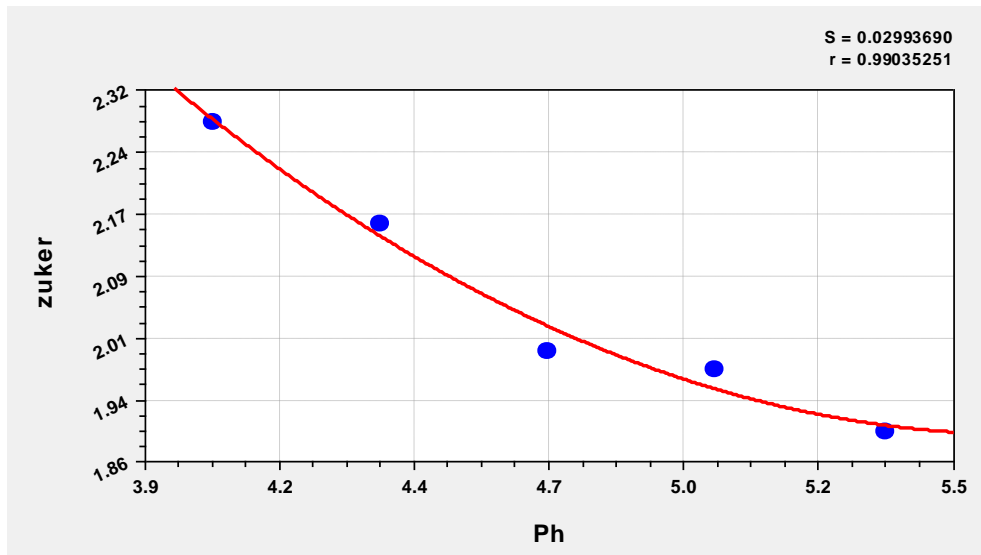


Рисунок 2.4. – Изменение содержания сахара в жоме в зависимости от его кислотности в течение процесса прессования

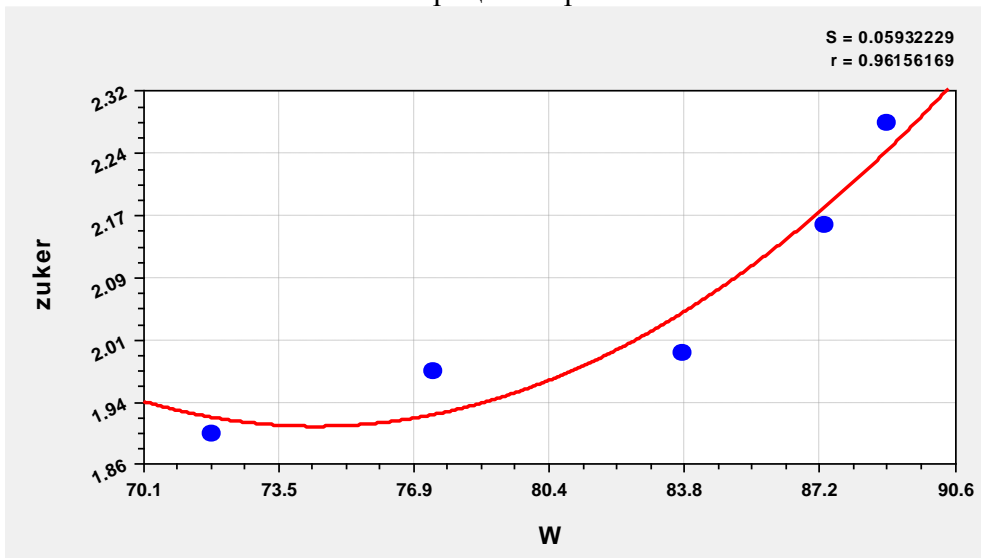


Рисунок 2.5. – Изменение содержания сахара в жоме в зависимости от влажности в течение процесса прессования

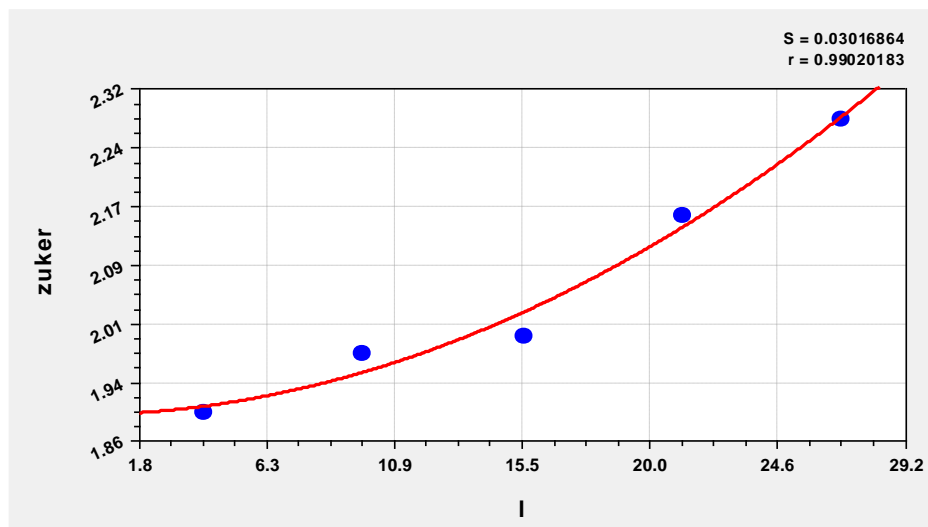


Рисунок 2.6. – Изменение содержания сахара в жоме в зависимости от длины стружки в течение процесса прессования

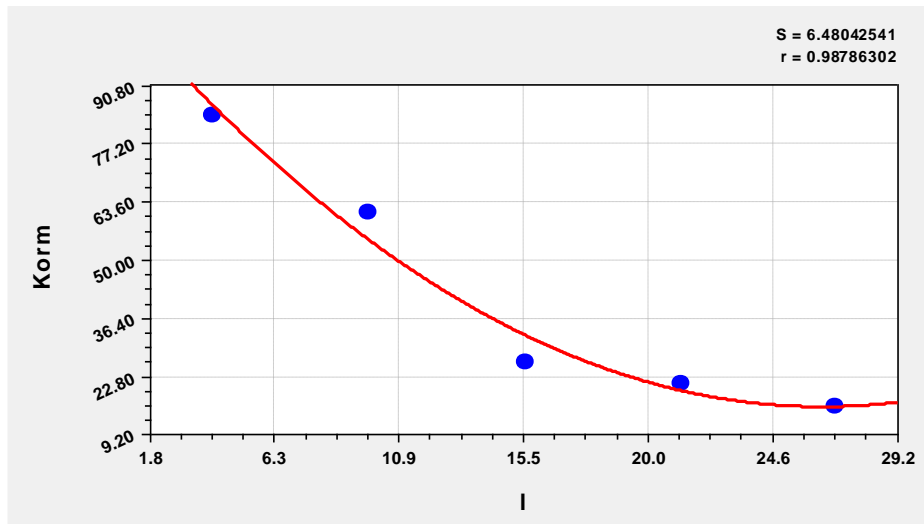


Рисунок 2.7. – Изменение кормовой ценности жома в зависимости от длины стружки в течение процесса прессования

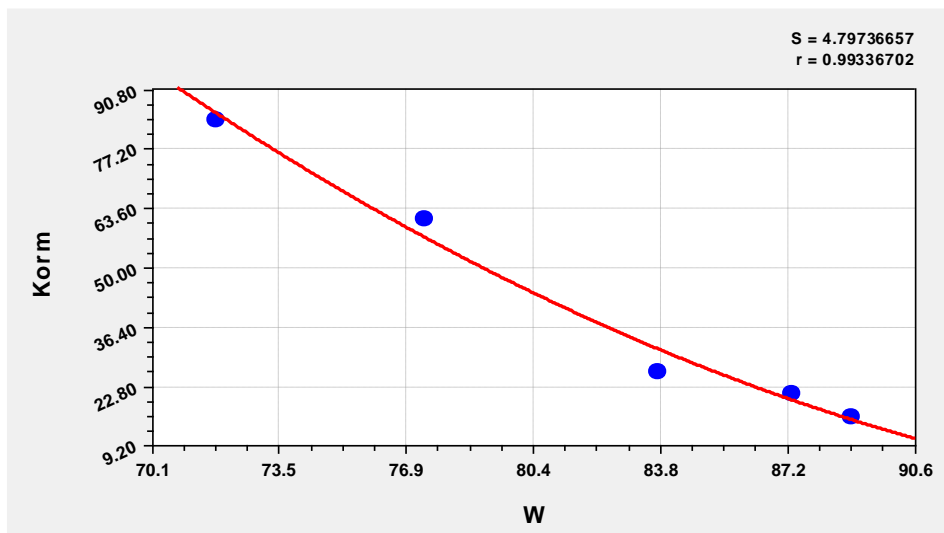


Рисунок 2.8. – Изменение кормовой ценности жома в зависимости от влажности стружки в течение процесса прессования

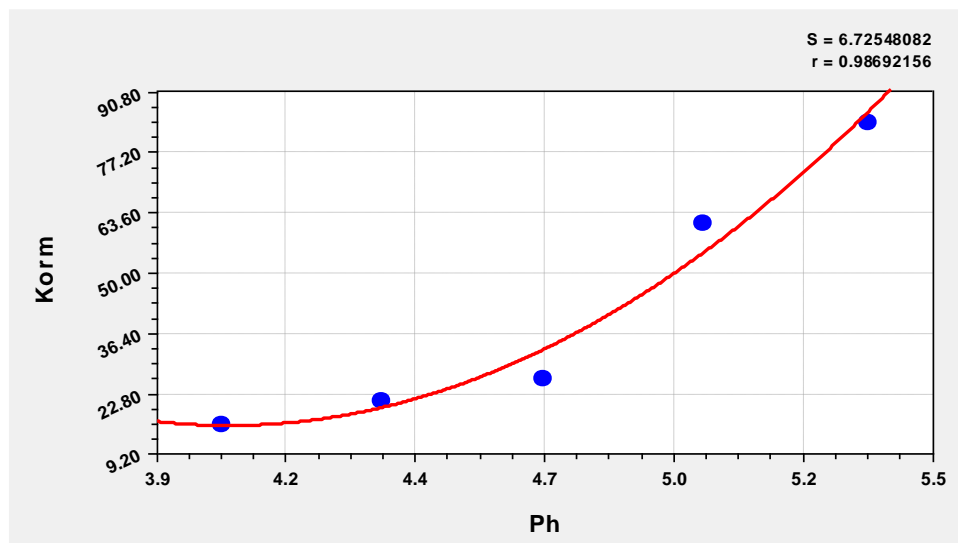


Рисунок 2.9. – Изменение кормовой ценности жома в зависимости от кислотности стружки в течение процесса прессования

Выявлена значимость влияния каждого из основных технологических параметров (кислотность и влажность свекловичного жома, длина свекловичной стружки) на величину содержания сахара в жоме и его кормовую ценность. Полученные данные позволяют объективно оценивать работу прессы глубокого отжима и обосновать кинематический режим вращения шнеков, позволяющий минимизировать себестоимость готовой продукции.

Анализ полученных результатов моделирования говорит о том, что изображенные квадратичные зависимости имеют высокие коэффициенты R^2 , и, следовательно, они в достаточной мере адекватны реализуемому в процессе отжима влиянию изменяемых величин на итоговый результат.

Были получены регрессионные уравнения, адекватно описывающие изменение содержания остаточного сахара и изменение содержания кормовых единиц в свекловичном жоме в процессе прессования.

Полученные квадратичные зависимости, имеющие достаточно высокие коэффициенты R^2 адекватно описывают реализуемый процесс отжима свекловичного жома в прессе глубокого отжима с оценкой влияния изменяемых параметров на содержание остаточного сахара и кормовых единиц в свекловичном жоме.

2.4 Исследование показателей качества жомопрессовой воды от степени прессования свекловичной стружки

Некоторые ученые полагают, что глубокое прессование свекловичной стружки может снизить качество получаемой жомопрессовой воды [42, 54, 57, 78, 89, 96, 115].

Для оценки степени объективности данных предположений на экспериментальном прессе-грануляторе (см. п. 2.1) были проведены исследования по оценке влияния степени прессования свекловичной стружки на характер изменения показателей качества жомопрессовой воды, полученной при различной степени прессования свекловичной стружки [54, 57].

На экспериментальном прессе-грануляторе исходная свекловичная стружка после диффузионного аппарата с начальной влажностью W_n от 88,3 % до 91,2 % отжимается при различных кинематических режимах: скорости вращения шнеков изменялись в диапазоне от 1,5 -1 до 3,6 мин⁻¹. При этом изменялась конечная влажность свекловичного жома: она снижается от 77,2 % до 71,3 %. Жомопрессовая вода в каждом эксперименте собиралась в емкость для последующих анализов. По результатам полученных анализов построен график

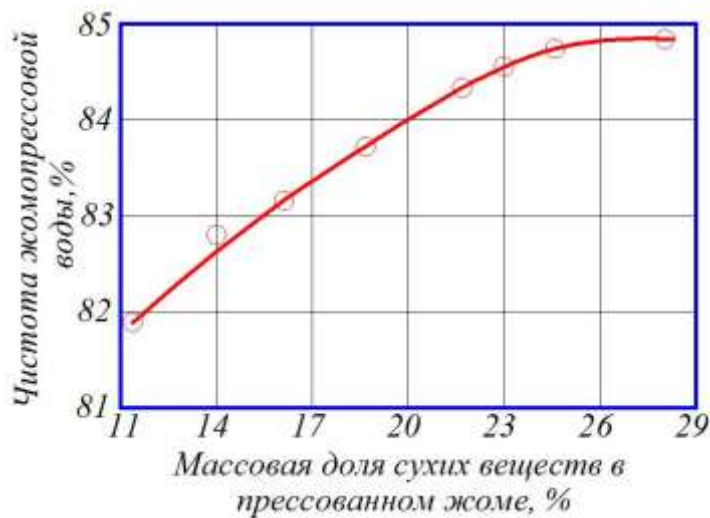


Рисунок 2.10 – Зависимость чистоты жомопрессовой воды от массовой доли сухих веществ в прессованном жоме

с 81,83 до 84,81 %.

Подобный характер повышения чистоты жомопрессовой воды на 3,5 % можно объяснить снижением перехода веществ коллоидной дисперсности в жомопрессовую воду при увеличении содержания сухих веществ в прессованном жоме до 28 %. Данный эффект дополнительного очищения от веществ коллоидной степени дисперсности обусловлен фильтрующим характером слоя жома при прохождении через него отделяемой жомопрессовой воды [123].

Была выявлена также зависимость отношения массовой доли редуцирующих веществ к массовой доле сухих веществ B , %, от массовой доли сухих веществ в свекловичной стружке CB , представленная в виде диаграммы на рисунке 2.11. Анализ данных на диаграмме указывает на разнохарактерное влия-

зависимости чистоты жомопрессовой воды от массовой доли сухих веществ в прессованном жоме (рисунок 2.10). Выявлено существенное влияние массовой доли сухих веществ в прессованном жоме на чистоту жомопрессовой воды: с увеличением массовой доли сухих веществ в прессованном жоме с 11 % до 28 % чистота жомопрессовой воды возросла

ние массовой доли сухих веществ в прессованном жоме на отношение массовой доли редуцирующих веществ к массовой доле сухих веществ B : оно минимально при $CB = 20\%$ и имеет максимальные значения при 11% и 26% .

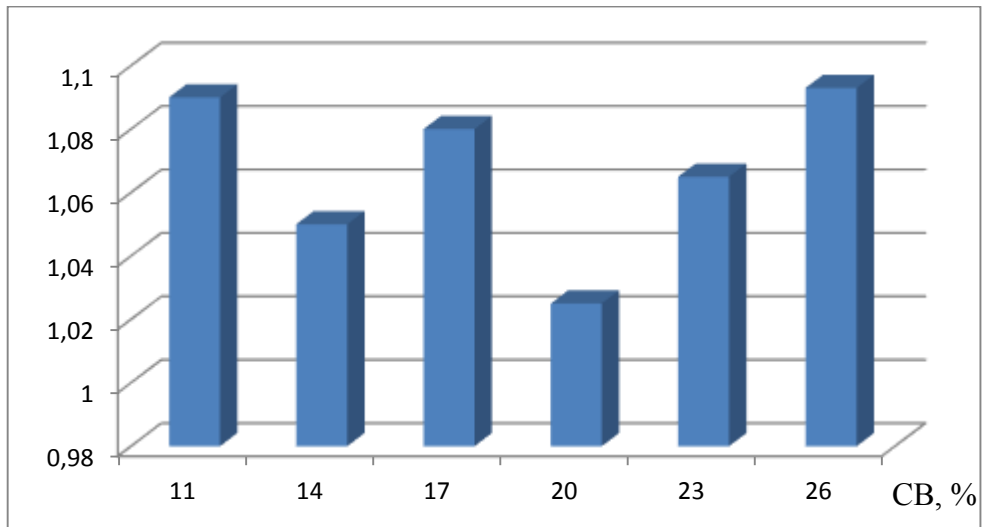


Рисунок 2.11. – Диаграмма зависимости отношения массовой доли редуцирующих веществ к массовой доле сухих веществ B , %, от массовой доли сухих веществ в свекловичной стружке CB , %

Таким образом, установлено, что увеличение скорости вращения шнеков пресса с 1,5 об/мин до 3,6 об/мин снижает конечную влажность прессованного свекловичного жома до 71,8 % и увеличивает чистоту жомопрессовой воды с 81,83 до 84,81 %.

ГЛАВА 3 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА В ДВУХШНЕКОВОМ ПРЕССЕ

3.1 Постановка задачи

Для обоснования кинематического режима работы пресса глубокого отжима (рисунок 3.1) свекловичного жома рассмотрим различные стадии процесса отжима влаги в двухшнековом прессе на основе аналитического анализа силовых и энергетических параметров процесса.

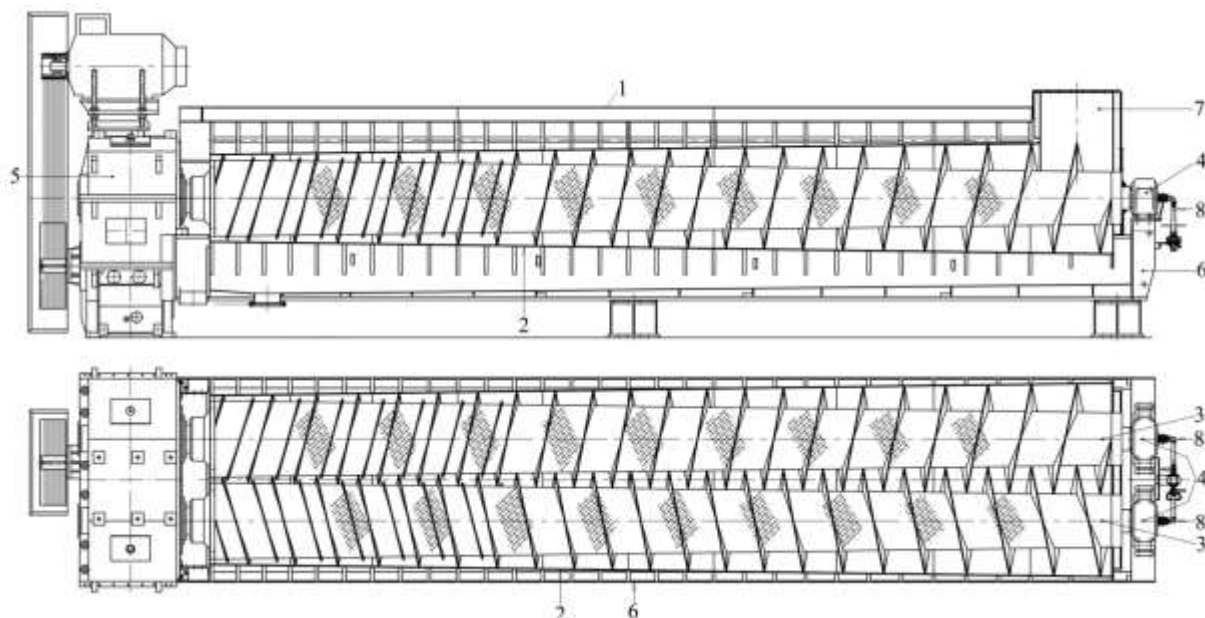


Рисунок 3.1. – Двухшнековый пресс: 1 – капот; 2 – фильтрующий узел; 3 – валы со шнеками; 4 – опоры валов; 5 – редуктор; 6 – каркас; 7 – загрузочный бункер со смотровым окном; 8 – система промывки валов

При этом решались следующие задачи: определение величины энергии для механического выдавливания влаги из свекловичного жома и обоснование кинематических параметров шнеков.

Рабочая камера двухшнекового пресса разделена на четыре секции (рисунок 3.2):

I – загрузочная секция, в которой свекловичный жом подается в межвитковое пространство шнеков;

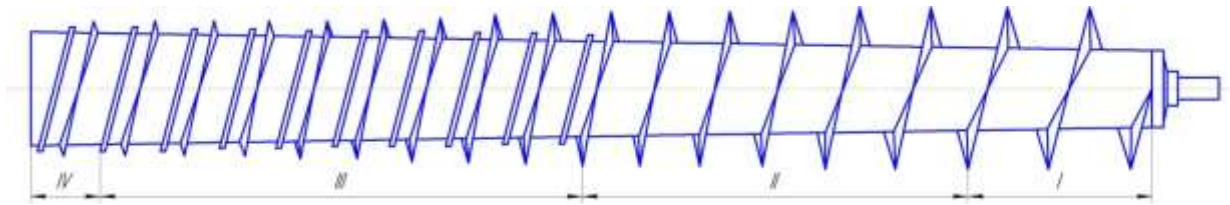


Рисунок 3.2. – Шнек пресса: I – загрузочная секция; II – зона уплотнения; III – зона отжима; IV – выгрузочная секция

II – секция уплотнения, в которой происходит уплотнение свекловичного жома и его движение в межвитковом пространстве шнеков;

III – секция отжима, в которой происходит отжим жидкой фракции (жомопрессовой воды) в межвитковом пространстве шнеков и удаление жомопрессовой воды;

IV – выгрузочная секция, в которой отжатый свекловичный жом выдавливание из пресса.

3.2 Решение математической модели процесса отжима жомопрессовой воды из свекловичного жома при прессовании в двухшнековом прессе

Учитывая, что отжим жомопрессовой воды из жома происходит при его движении в межвитковом пространстве шнеков (рисунок 3.3), была составлена расчетная схема (рисунок 3.4), используя которую, выделены три основные силы: сила давления F_p ; сила, создаваемая в винтах шнека F_v и сила трения $F_{тр}$. Сила давления F_p направлена перпендикулярно по отношению к движению жома (рисунок 3.4).

Учитывая закономерности движения шнеков пресса (рисунок 3.4), запишем выражение для проекции силы давления на ось ox в виде:

$$F_x = 3,75 \omega (D_{\text{вит}}^2 - d_v^2) P_{\text{max}}, \quad (3.1)$$

где ω – угловая скорость вращения шнека, с^{-1} ; $D_{\text{вит}}$ – наружный диаметр корпуса рабочей камеры пресса, м; d_v – наружный диаметр вала шнека, м; P_{max} – максимальное давление, создаваемое шнеком, Па.

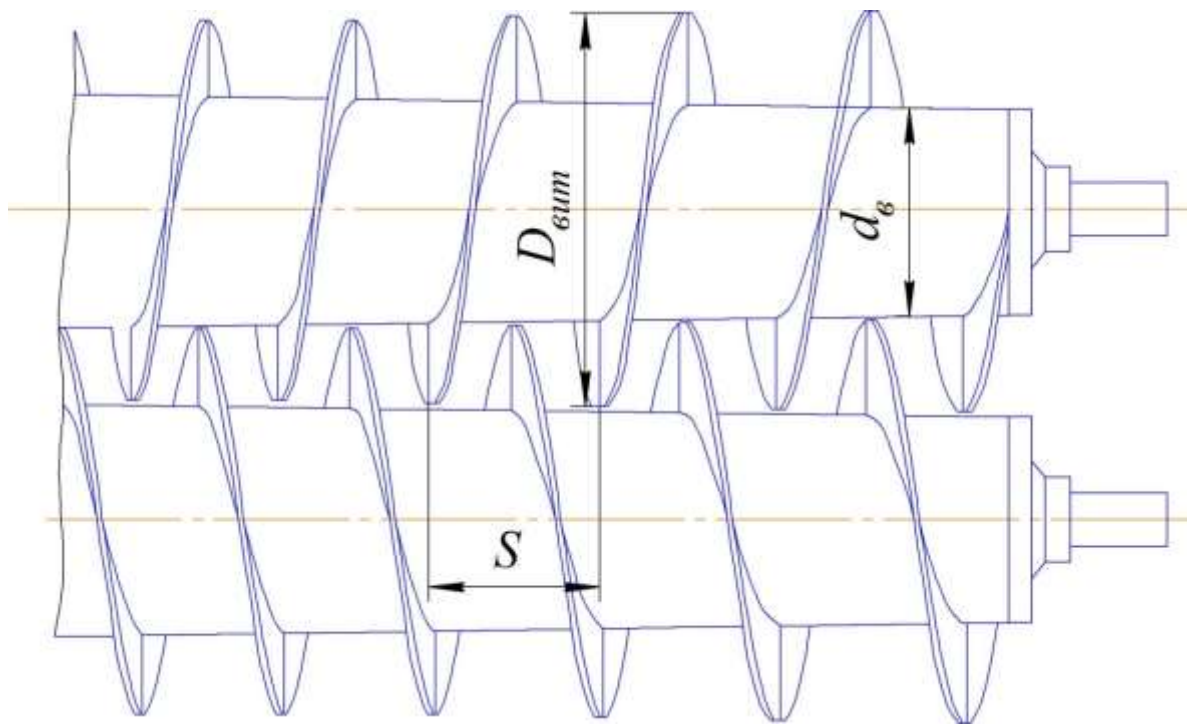


Рисунок 3.3. – Схема взаимодействия параллельных шнеков пресса: $D_{\text{внт}}$ – внешний диаметр витка шнека, $d_{\text{в}}$ – диаметр вала шнека, S – шаг витков шнека

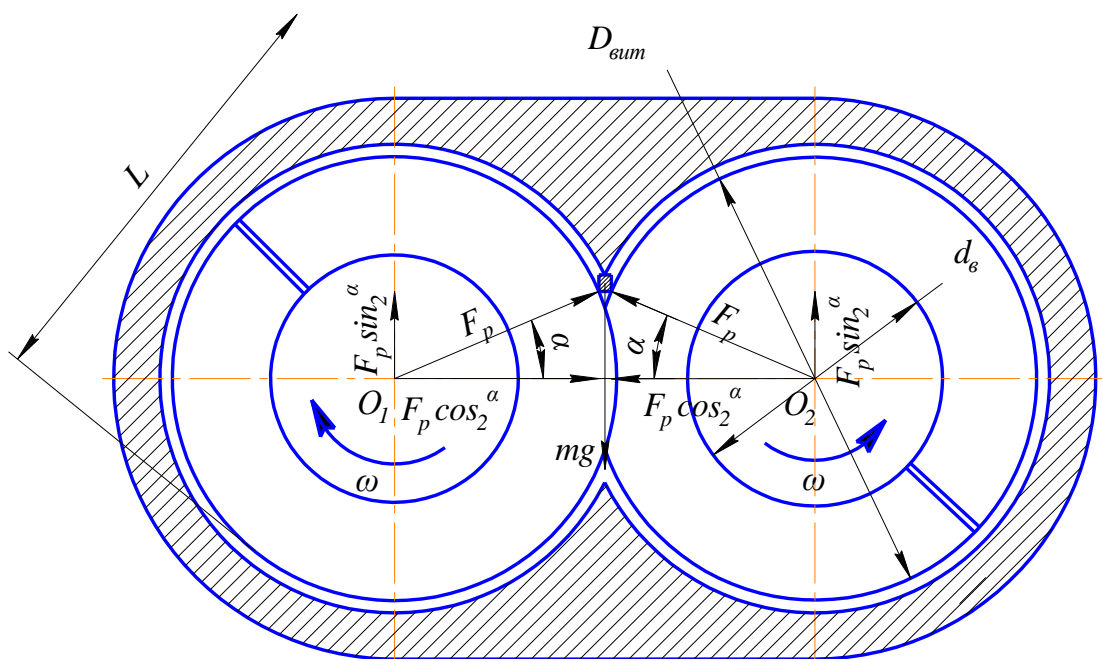


Рисунок 3.4. – Схема определения геометрических параметров шнеков пресса на поперечном разрезе рабочей камеры пресса: $D_{\text{внт}}$ – внешний диаметр витка шнека, $d_{\text{в}}$ – диаметр вала шнека, L – длина виткового канала шнека, O_1, O_2 – центры валов; ω – угловая скорость вала

Сила трения свекловичного жома о внутреннюю поверхность корпуса рабочей камеры пресса рассчитывается по уравнению:

$$F_{\text{тр}} = f \cdot F_{\text{д}} \cdot F_{\text{сц}}, \quad (3.2)$$

где f – коэффициент трения жома о внутреннюю поверхность корпуса пресса; F_d – сила деформация свекловичного жома $F_d = F_x$; $F_{\text{сц}}$ – сила сцепления, учитывающая адгезию жома к внутренней поверхности корпуса пресса.

Проекция импульса элементов исследуемой системы по осям координат являются

$$m_1 v_z = (F_B - F_B \cdot k_t - F_{\text{сц}}) \tau_1, \quad (3.3)$$

где m_1 – масса свекловичного жома;

В связи с тем, что $m_1 v_y = 0$, то осевая скорость свекловичного жома в межвитковом пространстве шнеков определяется по формуле

$$m_1 v_x = (2F_p \sin \frac{\alpha}{2} + F_x - F_x \cdot k_t - m_1 g - F_{\text{сц}}) \tau_2; \quad (3.4)$$

$$v_z = \frac{z\omega}{2\pi}, \quad (3.5)$$

Время продвижения жома в секции III, в которой происходит отжим жомпрессовой воды в межвитковом пространстве шнеков, равно

$$\tau_1 = z / v_z,$$

а так как

$$z_{\text{max}} = L,$$

это время будет увеличиться до

$$\tau_1 = L_s / v_z.$$

Время отжима жомпрессовой воды из жома в межвитковом пространстве шнеков и ее удаление равно

$$\tau_2 = x / v_z,$$

а в это время рассчитывается следующим образом $x_{\text{max}} = L$.

С учетом полученных уравнений проекции массовые силы механической системы на оси координат можно представить как:

$$F_z = \frac{(F_B (1 - k_t) - F_{\text{сц}})}{m_1} = \frac{v_z}{\tau_1} = \frac{v_z^2}{z} \quad (3.6)$$

где z – текущая координата.

$$F_x = \frac{(2F_p \sin \frac{\alpha}{2} + F_x(1 - k_t) - m_1 g - F_{\text{сц}})}{m_1} = \frac{v_x}{\tau_2} = \frac{v_x^2}{x} \quad (3.7)$$

где x – текущая координата; g – ускорение сила тяжести.

Очевидно, что компонента $F_y = 0$.

На основе схемы расчета пресса, прилагались усилия по измельчению сырья из уравнения сохранения количества его движение.

$$m_1 v_x = (2F_p \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{P_x}{S}(1 - k_r) - m_1 g - F_{\text{сц}}) \frac{L}{v_x} \quad (3.8)$$

Тогда усилие прессования можно найти по уравнению:

$$F_p = \frac{1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \left[\frac{\omega^2 r_b^2}{L} - \frac{\omega^2 r_b^2 \rho \ln L_k}{Lzh} \left(m_1 - \frac{\rho \ln L}{zh} \right) (1 - k_t) + m_1 g + F_{\text{сц}} \right] \quad (3.9)$$

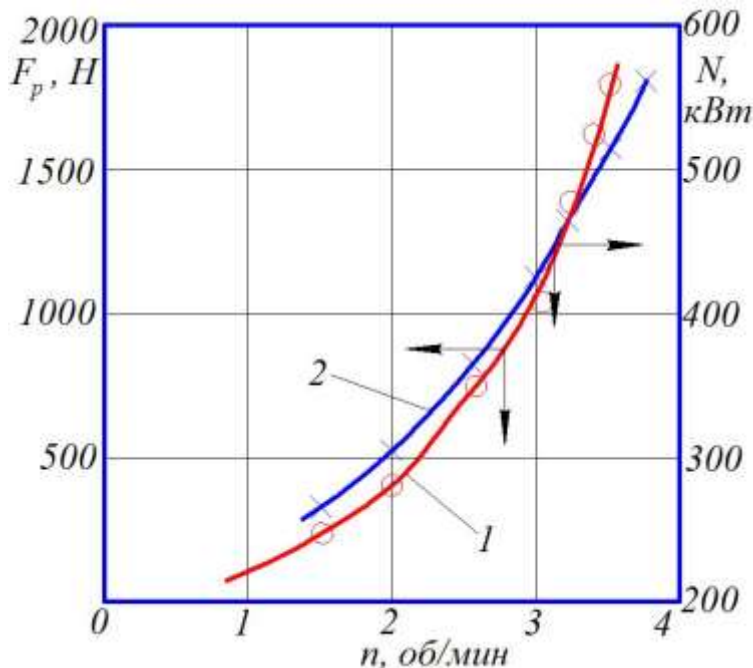


Рисунок 3.5. – Зависимости силы давления на свекловичный жом витками шнеков F_p и мощности, затрачиваемой на отжим жомпрессовой воды N , от числа оборотов шнеков n

На основе полученных уравнений и с использованием программной среды MathCAD были получены графические зависимости для силы и силовые характеристики процесса отжима жомпрессовой воды из свекловичного жома при его прессовании (рисунок 3.5), из которых видно, что с увеличением числа оборотов шнека от 1,5 до 3,6 об/мин сила прессования возрастает

в 7 раз, а затраты мощности – в 1,9 раза. При этом влажность прессованного свекловичного жома снижается с 88,3 до 71,8 %.

3.3 Проверка на адекватность полученного решения

Выполненный анализ движения свекловичного жома в четырех секциях двухшнекового пресса позволил определить силовые и энергетические параметры процесса прессования. Полученные зависимости показали, что с увеличением плотности жома потребляемая мощность для процесса отжима жомо-прессовой воды увеличивается в 1,9 раза.

Выполненный анализ полученных данных позволил установить, что наиболее приемлемой можно считать зависимость давления p от плотности ρ прессуемого материала следующего вида

$$p = k [\exp a(\rho - \rho_o) - 1], \quad (3.10)$$

где a и k – эмпирические коэффициенты, которые в зависимости от начальной плотности определялись по уравнениям

$$k = \frac{1}{A + B\rho_o + C\rho_o^2}; \quad (3.11)$$

$$a = D + E\rho_o + K\rho_o^2 + L\rho_o^3, \quad (3.12)$$

где A, B, C, D, E, K и L – опытные коэффициенты для свекловичного жома.

Для достижения определенной плотности свекловичного жома необходимо приложить давление, определяемое из выражения [58]

$$p = \frac{\exp \left[(D + E\rho_o + K\rho_o^2 + L\rho_o^3)(\rho - \rho_o) \right] - 1}{A + B\rho_o + C\rho_o^2}. \quad (3.13)$$

Для использования уравнения для сжатия жома до заданного значения окончательно получаем

$$p_t = mp_{\max} + np_{\max} \exp(B_t t). \quad (3.14)$$

Массовая производительность пресса определяется по формуле:

$$Q_D = \frac{\pi}{4} (D^2 - d_s^2) S_D \psi n_o \rho_o, \quad (3.15)$$

где D – наружный диаметр шнека, м; d_s – диаметр вала шнека, м; S_D – шаг вит-

ков шнека, м; n_0 – частота вращения шнеков, мин^{-1} ; ρ_0 – насыпная плотность свекловичного жома, кг/м^3 ; ψ – коэффициент заполнения межвиткового пространства.

При увеличении угловой скорости шнеков пресса ω более 4 мин^{-1} , сила давления в процессе исследований значительно увеличивается.

Глава 4 КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРЕССОВАННОГО СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА

4.1 Исследование динамики изменения показателей качества и физико-химических показателей свекловичного жома в процессе прессования

Исследование динамики изменения показателей качества и физико-химических показателей свекловичного жома в процессе прессования и гранулирования проводилось в Липецкой испытательной лаборатории химико-токсикологическим отделом (уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц RA.RU.21ВЛ03) (Адрес 398037, г. Липецк, ул. Опытная, дом 1, 1 этаж, цокольный этаж).

Для производства кристаллического белого сахара применяют следующее сырье: свеклу сахарную по ГОСТ 17421-82 «Свекла сахарная для промышленной переработки [36]. Требования при заготовках. Технические условия» и (или) выведенный на хранение сахарный сироп после выпарной установки с содержанием сухих веществ не менее 65 % и pH не менее 7,0. Также в России действуют ГОСТ Р 52647-2006 «Свекла сахарная. Технические условия» и ГОСТ Р 53036-2008 «Свекла сахарная. Методы испытаний» [32, 39].

Для получения сушеного жома в рассыпном виде применяют следующее сырье: жом глубокого отжатия, полученный при переработке сахарной свеклы по ГОСТ Р 52647 [32]. Для исследований были представлены три пробы жома, полученные на Боринском сахарном заводе:

- перед прессом глубокого отжима;
- после пресса глубокого отжима;
- гранулированного жома.

Отбор производился 22.09.2021 г., а исследования – в период с 22.09.21 по 29.09.21 г. Показатели качества вышеуказанных проб свекловичного жома приведены соответственно в таблицах 4.1, 4.2 и 4.3 [25-38].

Т а б л и ц а 4.1 – Показатели качества и физико-химические показатели свекловичного жома перед прессом глубокого отжима

Наименование показателя	Результат испытаний	НД на метод испытаний
Показатели качества		
Массовая доля сырого протеина в сухом веществе, %	8,45 ± 0,56	ГОСТ 13496.4-2019 – Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания азота и сырого протеина, п. 8
Массовая доля сырой клетчатки в сухом веществе, %	16,43 ± 1,74	ГОСТ 31675-2012 – Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации, п. 7
Обменная энергия, МДж/кг	21,68	Методические указания по оценке качества и питательности кормов. Утв. МСХ РФ от 17.06.02. ЦИНАО 2002
Физико-химические показатели		
Массовая доля сырого жира в сухом веществе, %	0,46 ± 0,39	ГОСТ 13496.15-2016 – Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира, п. 9.1
Массовая доля сырой золы в пересчете на сухое вещество, %	5,2 ± 0,2	ГОСТ 26226-95 – Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы, п. 1

Т а б л и ц а 4.2 – Показатели качества и физико-химические показатели свекловичного жома после пресса глубокого отжима

Наименование показателя	Результат испытаний	НД на метод испытаний
Показатели качества		
Массовая доля сырого протеина в сухом веществе, %	9,95 ± 0,60	ГОСТ 13496.4-2019 – Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания азота и сырого протеина, п. 8
Массовая доля сырой клетчатки в сухом веществе, %	22,75 ± 2,06	ГОСТ 31675-2012 – Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации, п. 7
Обменная энергия, МДж/кг	25,38	Методические указания по оценке качества и питательности кормов. Утв. МСХ РФ от 17.06.02. ЦИНАО 2002
Физико-химические показатели		
Массовая доля сырого жира в сухом веществе, %	0,57 ± 0,40	ГОСТ 13496.15-2016 – Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира, п. 9.1
Массовая доля сырой золы в пересчете на сухое вещество, %	4,5 ± 0,2	ГОСТ 26226-95 – Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы, п. 1

Т а б л и ц а 4.3 – Показатели качества и физико-химические показатели гранулированного жома

Наименование показателя	Результат испытаний	НД на метод испытаний
Показатели качества		
Массовая доля сырого протеина в сухом веществе, %	9,44± 0,62	ГОСТ 13496.4-2019 – Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания азота и сырого протеина, п. 8
Массовая доля сырой клетчатки в сухом веществе, %	25,50± 2,19	ГОСТ 31675-2012 – Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации, п. 7
Обменная энергия, МДж/кг	27,08	Методические указания по оценке качества и питательности кормов. Утв. МСХ РФ от 17.06.02. ЦИНАО 2002
Физико-химические показатели		
Массовая доля сырого жира в сухом веществе, %	0,41± 0,39	ГОСТ 13496.15-2016 – Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира, п. 9.1
Массовая доля сырой золы в пересчете на сухое вещество, %	3,3± 0,2	ГОСТ 26226-95 – Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы, п. 1

Таким образом, выявлена динамика изменения показателей качества и физико-химических показателей свекловичного жома в процессе прессования и гранулирования, свидетельствующая об увеличении сырого протеина, сырого жира и обменной энергии.

4.2 Исследование химического состава сырого, прессованного и сушеного свекловичного жома

Результаты исследований химического состава сырого, прессованного и сушеного свекловичного жома представлены в таблице 4.4.

Анализа данных таблицы 4.4 показывает динамику изменения химического состава свекловичного жома процессе его отжима и сушки. В 1 кг сушеного жома содержится: 0,85 кормовых единиц; 7,9 % сырого протеина, 17, 6 % сырой клетчатки и 61,2 % безазотистых экстрактивных веществ. Обменная энергия прессованного жома составляет 1,88 МДж [54, 57].

Т а б л и ц а 4.4 –Химический состав сырого, прессованного и сушеного свекловичного жома

Наименование показателя	Показатели		
	сырого свекловичного жома	прессованного жома	сушеного
Сухие вещества, %	6,0-9,0	14,0-20,0	87,0-86,0
Вода, %	91,0-94,0	80,0-86,0	13,0-14,0
Сырой протеин, %	1,2-1,5	1,7-1,9	7,9
Сырая клетчатка, %	3,5-4,5	5,0-7,0	17,6
Безазотистые экстрактивные вещества, %	4,3-6,0	8,5-10,0	61,2
Жир, %	0,4-0,7	0,6-0,9	0,5
Зола, %	0,6-1,0	1,1-1,4	3,7
Кормовая единица* в 100 кг корма	6-9	15-20	0,85
Обменная энергия, МДж	0,73	1,88	

*Единица измерения и сравнения питательности кормов равная питательности 1 кг овса.

Приведенные данные химического состава свекловичного жома показывают, что его можно рекомендовать в качестве важного компонента в комбикорма для сельскохозяйственных животных.

4.3 Определение органолептических, физико-химических показателей сушеного жома, содержания инородных и металломагнитных примесей

В качестве объекта исследования использовался сушеный жом в гранулах и в рассыпном виде. Сушеный жом в гранулах имел размеры: диаметр гранул не более 30 мм, длина не более 75 мм [54].

Определение органолептических показателей. Внешний вид, цвет и запах сушеного жома определяют органолептически: 100 г сушеного жома в рассыпном виде или 200 г сушеного жома в гранулах помещают на гладкую чистую поверхность листа белой бумаги и, перемешивая, внимательно рассматривают при достаточном естественном или искусственном освещении и определяют соответствие требованиям, указанным в таблице 4.5.

По органолептическим показателям сушеный жом соответствовал требованиям, указанным в таблице 4.5.

Т а б л и ц а 4.5 – Органолептические показатели сушеного жома

Наименование показателя	Характеристика показателей сушеного жома без добавок
Внешний вид	Однородная сыпучая масса или гранулы цилиндрической формы с матовой поверхностью
Цвет	Серый различных оттенков
Запах	Специфический, без посторонних запахов

Определение физико-химических показателей. Определение массовой доли влаги – по ГОСТ Р 50817, ГОСТ 13496.3 [37].

Определение массовой доли сахарозы производилось методом экстрагирования сахарозы из сушеного жома и определении массовой доли сахарозы в растворе с применением сахариметра.

Средства измерений, вспомогательные устройства и реактивы – по ГОСТ 12571 [35], а также:

- весы по ГОСТ Р 53228, обеспечивающие точность взвешивания с пределом абсолютной допускаемой погрешности $\pm 0,02$ г;
- сосуд дигестионный;
- бюретка 1-2-50-01 по ГОСТ 29252;
- ступка фарфоровая по ГОСТ 9147.

При подготовке к испытанию приготавлился раствор свинцового уксуса плотностью 1235– 1240 кг/м³ – по ГОСТ 12571 [35] и раствор свинцового уксуса массовой концентрацией 2,5 г/100 см³.

Для этого 25 см³ раствора свинцового уксуса плотностью 1235– 1240 кг/м³ по ГОСТ 12571 переносят в мерную колбу вместимостью 1000 см³, добавляют дистиллированную воду и доводят объем до метки.

Проведение испытания. 11,7 г измельченного в фарфоровой ступке с пестиком по ГОСТ 9147 сушеного жома помещают в дигестионный сосуд, в который из бюретки приливают 178,2 см³ раствора свинцового уксуса массовой

концентрацией 2,5 г/100 см³. Сосуд закрывают крышкой с резиновой прокладкой и плотно завинчивают. Затем сосуд взбалтывают и ставят в термостат или водяную баню, нагретые до температуры от 82 до 83 °С на 30 мин. В течение указанного времени в термостате должна поддерживаться температура 80 °С, а в водяной бане – от 75 до 80 °С. Уровень воды в термостате или водяной бане должен поддерживаться таким, чтобы вся цилиндрическая часть сосуда была погружена в воду.

Через 30 мин после тщательного перемешивания сосуд переносят в термостат, в котором поддерживается температура (20,0±0,1) °С или охлаждают проточной водопроводной водой.

Охлажденный дигестионный сосуд вынимают, вытирают насухо, содержимое тщательно взбалтывают и фильтруют в чистый сухой стакан вместимостью 400 см³. Первые порции фильтрата удаляют. Поляриметрическую кювету длиной (400,00±0,02) мм ополаскивают отфильтрованным раствором и наполняют так, чтобы не образовались пузырьки воздуха. Покровное стекло не должно сильно прижиматься головкой кюветы во избежание образования напряжения, которое может повлиять на оптическое вращение раствора.

Поляриметрическую кювету помещают в камеру сахариметра и измеряют вращение плоскости поляризации с точностью до второго десятичного знака.

Удвоенные показания сахариметра, отсчитанные по международной сахарной шкале, соответствуют значениям массовой доли сахарозы, выраженной в процентах.

За окончательный результат определения принимают среднеарифметическое значение результатов двух параллельных определений, округленное до первого десятичного знака.

Определение массовой доли сырого протеина – по ГОСТ 13496.4, ГОСТ Р 50817, ГОСТ Р 51417 [25, 27, 37].

По физико-химическим показателям сушеный жом соответствовал требованиям, указанным в таблице 4.6.

В сушеном жоме в гранулах массовая доля несгранулированного жома составляла не более 10,0 %.

Т а б л и ц а 4.6 – Физико-химические показатели сушеного жома

Наименование показателя	Значение показателей сушеного жома без добавок
Массовая доля влаги, %	14,0
Массовая доля сырого протеина, в пересчете на сухое вещество, %	7.0
Массовая доля сахарозы, %	–

Определение содержания инородных примесей. Около 100 г сушеного жома в рассыпном виде или 200 г сушеного жома в гранулах помещают на гладкую чистую поверхность листа белой бумаги и, перемешивая, внимательно рассматривают через лупу по ГОСТ 25706 при достаточном естественном или искусственном освещении и определяют соответствие требованиям, указанным в таблице 4.7.

Содержание инородных и металломагнитных примесей в сушеном жоме не превышало норм, указанных в таблице 4.7.

Т а б л и ц а 4.7 – Содержание инородных и металломагнитных примесей в сушеном жоме

Наименование показателя	Значение показателей
Содержание инородных примесей	Не допускается
Содержание металломагнитных частиц размером более 2 мм (в наибольшем линейном измерении) и с острыми краями	Не допускается
Массовая доля (содержание) металломагнитных частиц размером менее 2 мм включительно, млн ⁻¹ (мг/кг)	30

По микробиологическим показателям, содержанию токсичных элементов, нитратов, нитритов, пестицидов и радионуклидов сушеный жом не превышал нормы, установленных нормативными правовыми актами Российской Федерации [21].

Общая кислотность определена проведением титрования раствора свекловичного жома (фактор разведения $f_d = 23,71$ мл/г) раствором NaOH с нормальностью 0,09322 моль·экв/л с использованием бюретки и рН-метра до значения рН = 8,1, при котором стандартный индикатор фенолфталеин меняет свою окраску.

Кислотность раствора вычислена по формуле:

$$pH_{\text{общ}} = \frac{M_{NaOH} c_n f_D}{V_{\phi}}, \quad (4.1)$$

где M_{NaOH} – количество раствора NaOH, пошедшего на титрование, мл;
 $c_n = 0,09322$ моль·экв/л – нормальность раствора NaOH; f_D – фактор разведения, мл/г; V_ϕ – количество фильтрата, взятого для титрования, мл.

Вычисленная по формуле (4.1) общая кислотность раствора сырого свекловичного жома (для 250 мл) составила $4,94 \pm 0,05$.

Содержание общего сахара определено посредством проведения гидролиза (20 %-ный раствор соляной кислоты, фактор разведения свекловичного жома в растворе $f_D = 42,47$ мг/л) и дальнейшего титрования с использованием реактивов Фехлинга А – сульфата меди и В – тартрата калия-натрия (редокс-реакция).

Массовая доля сахаров C , г/100г СЖ в растворе свекловичного жома рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{сах}} = \frac{100 \cdot K \cdot f_D}{V_{\text{общ}}}, \quad (4.2)$$

где K – поправочный коэффициент к титру раствора Фехлинга; f_D – коэффициент разведения образца; $V_{\text{общ}}$ – объем образца, израсходованного на титрование, мл.

Среднее количество влаги в сыром свекловичном жоме составило 88,3 % масс; рН сырого свекловичного жома составило 4,94 при $t = 18$ °С; содержание сахара – 2,28 %.

4.4 Изучение влияния условий и сроков хранения на качество сухого гранулированного свекловичного жома

Провели исследования по изучению влияния условий и сроков хранения на качество сухого гранулированного свекловичного жома. Для этого были выработали опытные партии сухого гранулированного свекловичного жома. На 4-месячное хранение при опытных условиях заложили по 4 образца сухого гранулированного свекловичного жома массой 1 кг каждый (таблица 4.8).

В процессе хранения насыпью сухого гранулированного свекловичного жома в складе напольного хранения при относительной влажности окружающего воздуха от 60 % до 90 % $W = 50$ % при температурах от -7 °С до $+12$ °С постепенно увеличивалась его влажность от 41 % до 54 % (таблица 4.8).

Опытные условия хранения № 1-7 не способствовали развитию микрофлоры во время хранения. Содержание спор грибов и бактерий в сухом гранулированном свекловичном жоме практически не изменялось.

Динамика физических и санитарно-химических показателей в процессе хранения показала, что санитарно-химические показатели в течение 4-х месяцев хранения в разных условиях существенно не изменяются.

За время изучения сухого гранулированного свекловичного жома было проведено несколько серий бактериологических исследований.

Всего было исследовано 28 образцов сухого гранулированного свекловичного жома (таблица 4.9). В начале хранения сухой гранулированный свекловичный жом имел относительно низкую обсемененностью грибной и бактериальной микрофлорой.

Из данных таблицы 4.9 видно, что только в 6,7 % исследований выделена патогенная микрофлора, в остальных образцах или совсем нет роста микрофлоры, или выделяется сапрофитная микрофлора.

Т а б л и ц а 4.9 – Результаты бактериологического исследования сухого гранулированного свекловичного жома

Дата исследования	Номер образца	Выделенная микрофлора
30.09.2021	№ 1	Роста микрофлоры нет
15.10.2021	№ 1	Роста микрофлоры нет
31.10.2021	№ 3	Роста микрофлоры нет
15.11.2021	№ 1	Роста микрофлоры нет
30.11.2021	№ 2	Роста микрофлоры нет
15.12.2021	№ 6	Роста микрофлоры нет
30.12.2021	№ 7	Сапрофитная микрофлора

Выделение патогенной микрофлоры в одном образце из двадцати восьми по всей вероятности связано с их загрязнением в процессе приготовления (например, из-за несоблюдения чистоты рабочей одежды производителей) [69].

Т а б л и ц а 4.8 – Опытные условия хранения сухого гранулированного жома

№ условий хранения	Дата отбора проб	Место хранения	Тара	Наружного воздуха		В складе хранения		Массовая доля влаги, %
				Температура, °С	Относительная влажность, %	Температура, °С	Относительная влажность, %	
Массовая доля влаги, % (начальная 10,82)								
1	30.09.2021	Склад напольного хранения	Хранение насыпью	+10	60%	+15	52%	10.83
2	15.10.2021	Склад напольного хранения	Хранение насыпью	+10	86%	+17	54%	10,85
3	31.10.2021	Склад напольного хранения	Хранение насыпью	+12	75%	+14	50%	10.90
4	15.11.2021	Склад напольного хранения	Хранение насыпью	+1	60%	+10	51%	10.94
5	30.11.2021	Склад напольного хранения	Хранение насыпью	+5	65%	+11	47%	11.01
6	15.12.2021	Склад напольного хранения	Хранение насыпью	-2	80%	+8	45%	11.06
7	30.12.2021	Склад напольного хранения	Хранение насыпью	-7	90%	0	41%	11.11

Глава 5. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

5.1 Разработка технологической линии производства гранулированного свекловичного жома с использованием кормовых добавок

Предлагаемая технологическая линия производства гранулированного свекловичного жома с использованием кормовых добавок (рисунок 5.1) включает последовательно соединенные емкость с исходным влажным жомом 1; шнековый питатель 2; пресс 3 для предварительного отжатия влаги; разрыхлитель-рекуператор 4; пресс 5 для окончательного отжатия влаги; ленточный транспортер 6; барабанную сушилку 7 с циклонами-уловителями 8; вытяжной вентилятор 9; блок производственных бункеров 10 с роторными дозаторами 11; надсмесительный бункер 12; смеситель 13; подсмесительный бункер 14; магнитный сепаратор 15; гранулятор 16; противоточный охладитель 17, просеиватель 18; тензовесы 19, ленточный транспортер 20 для отгрузки в склад готовой продукции и установка 21 ввода жидких компонентов [21, 54, 55].

Технологический процесс получения гранулированного свекловичного жома с использованием кормовых добавок включает следующие операции:

- прессование исходного свекловичного жома с начальной влажностью 85-90 % в прессе 3 для предварительного отжатия влаги до влажности 68-76 %;
- разрыхление предварительно отжатого жома и продувка очищенным после циклонов-уловителей 8 барабанной сушилки 7 воздухом с температурой 70-80 °С и дополнительное удаление 1-2 % влаги в разрыхлителе-рекуператоре 4;
- прессование разрыхленного свекловичного жома с влажностью 67-73 % в прессе 5 для окончательного отжатия влаги до влажности 64-69 %;
- сушка отжатого жома с влажностью 64-69 % теплоносителем (смесь воздуха с продуктами сгорания природного газа, имеющими температуру 750 °С) с температурой 110-140 °С в барабанной сушилке 7 в течение

90-120 мин до конечной влажности 11-13 %;

– дозирование кормовых добавок и высушенного свекловичного жома в смеситель до достижения равномерного перемешивания в течение 2-4 мин.;

– очистка гранул от металломагнитных примесей на магнитном сепараторе 15;

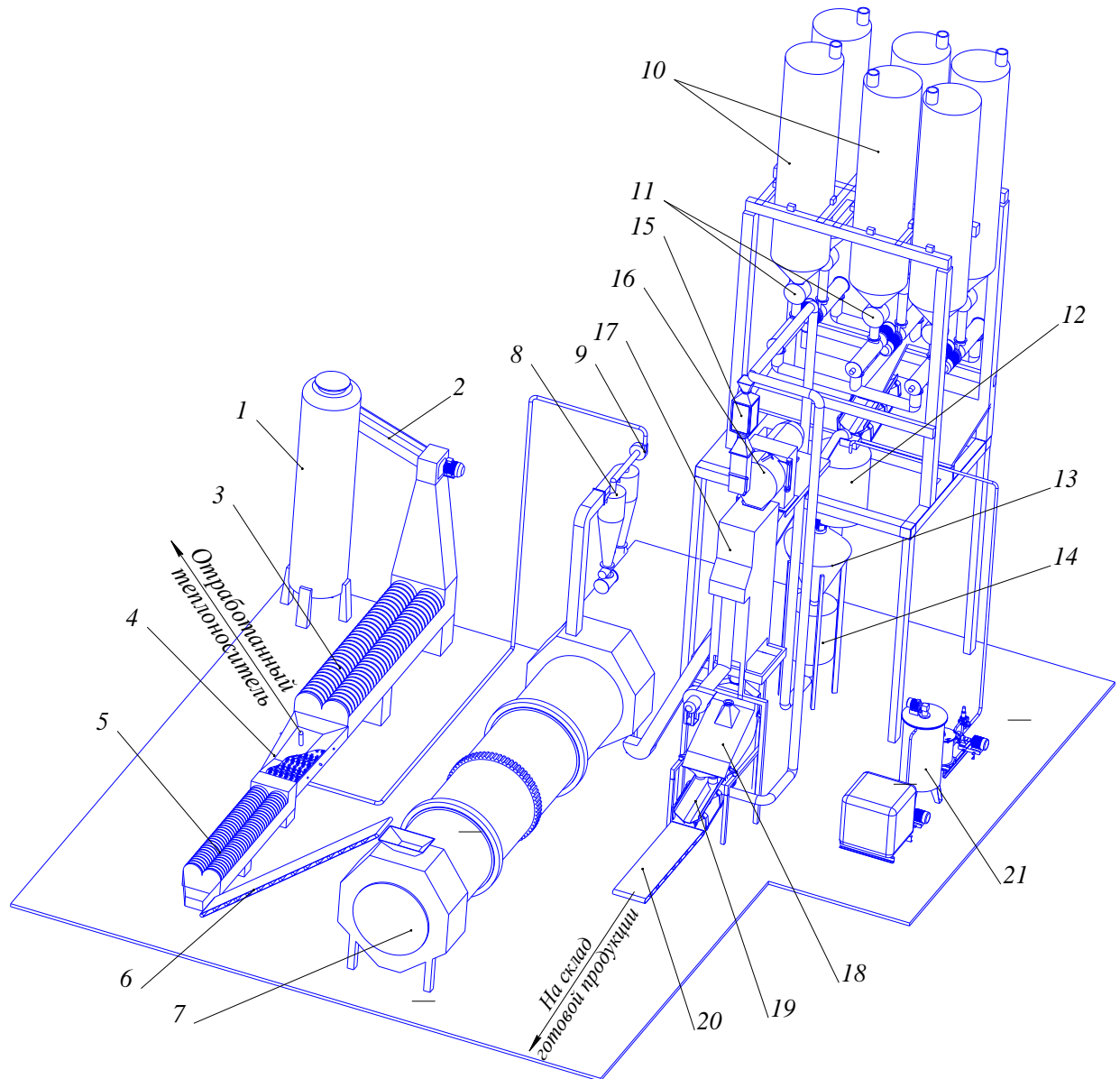


Рисунок 5.1. – Технологическая линия производства гранулированного свекловичного жома с использованием кормовых добавок: 1 – бункер емкость с исходным влажным жомом; 2 – шнековый питатель; 3 – пресс для предварительного отжатия влаги; 4 – разрыхлитель-рекуператор; 5 – пресс для окончательного отжатия влаги; 6 – ленточный транспортер; 7 – барабанная сушилка; 8 – циклоны-уловители; 9 – вытяжной вентилятор; 10 – блок производственных бункеров; 11 – роторные дозаторы; 12 – надсмесительный бункер; 13 – смеситель; 14 – подсмесительный бункер; 15 – магнитный сепаратор; 16 – гранулятор; 17 – противоточный охладитель; 18 – просеиватель; 19 – тензовесы; 20 – ленточный транспортер для отгрузки в склад готовой продукции; 21 – установка ввода жидких компонентов

- гранулирование жома (диаметр гранул 10 мм) на грануляторе 16;
- охлаждение гранул в противоточном охладителе 17 до температуры не выше 30-35 °С;
- фракционирование гранул на крупную и мелкую фракции с размером гранул менее 10 мм в просеивателе 18 с размером ячеек 28×10 мм с возвратом последней на повторное гранулирование;
- взвешивание на тензовесах 19 и отгрузка ленточным транспортером 20 гранулированного свекловичного жома с кормовыми добавками на склад готовой продукции.

Предлагаемая технологическая линия производства гранулированного свекловичного жома с использованием кормовых добавок работает следующим образом.

Вначале исходный свекловичный жом с начальной влажностью 85-90 % из емкости 1 с помощью шнекового транспортера 2 направляется в пресс 3 для предварительного отжатия влаги, в котором свекловичный жом отжимается до влажности 68-76 %. Шнековый транспортер 2 обеспечивает непрерывную, регулируемую и равномерную подачу свекловичного жома в пресс 3 для предварительного отжатия влаги.

Затем предварительно отжатый жом разрыхляется с помощью игольчатых ворошителей в разрыхлителе-рекуператоре 4, в который одновременно подается очищенный после циклонов 8 барабанной сушилки 7 воздух с температурой 70-80 °С. При продувании слоя жома из него испаряется 1-2 % влаги.

Далее этот разрыхленный свекловичный жом с влажностью 67-73 % подается в пресс 5 для окончательного отжатия влаги до влажности 64-69 %.

Из прессы 5 отжатый жом с влажностью 64-69 % ленточным транспортером 6 направляется в барабанную сушилку 7, в которой жом сушится теплоносителем (смесью воздуха с продуктами сгорания природного газа) с температурой 110-140 °С в течение 90-120 мин до конечной влажности 11-13 %. Высушенный жом выходит из барабанной сушилки 7 с температурой 50 °С.

Дымовые газы (продукты горения природного газа), имеющие темпера-

туру 750 °С, смешиваются с воздухом, в такой пропорции, чтобы смесь воздуха и дымовых газов имела температуру 110-140 °С. Отходящие газы с температурой 70-80 °С отсасываются из барабанной сушилки 7 вытяжным вентилятором 9 и направляются в циклон-уловитель 8 для улавливания унесенного теплоносителем частиц сушеного жома.

Уловленные мелкие частицы сухого жома накапливаются в нижней части циклона-уловителя 8, из которого направляются в надсмесительный бункер 12, а дымовые газы с температурой 70-80 °С из циклона-уловителя 8 – в разрыхлитель-рекуператор 4.

Одновременно из производственных бункеров 10 с помощью роторных дозаторов 11 порционно дозируются отдельные компоненты кормовых добавок (например, кормовой карбамид $\text{CO}(\text{NH})$, кормовые дрожжи, мультиферментные комплексы, включающие такие ферменты, как фитаза, глюканаза, ксиланаза, амилаза, протеаза и др.) в надсмесительный бункер 12. Кроме этого установка 21 ввода жидких компонентов подает в надсмесительный бункер 12 жиrowитаминные добавки (водные растворы витаминов и аминокислот, БАДов, мелассу, жир, масло и др.). Установка 21 ввода жидких компонентов состоит из емкости с трубопроводной арматурой, насоса и КИП для регулирования расхода жидких компонентов.

Кормовой карбамид $\text{CO}(\text{NH})$ используется для восполнения недостатка перевариваемого протеина в рационе. Скармливание карбамида дойному поголовью со средним уровнем продуктивности 15–20 л/сут, при условии, что в основном рационе присутствуют все необходимые ингредиенты, приводит к увеличению суточного удоя на 1–1,3 л. При этом содержание жира в молоке увеличивается на 0,25–0,3 %, а белка – на 0,07 %.

При скармливании карбамида молодняку крупного рогатого скота, можно увеличить его среднесуточные привесы на 10–13 % по сравнению с обычными приростами, полученными при кормлении без этой добавки. Использование карбамида в кормлении молодняка овец старше 6-месячного возраста позволяет увеличить суточные привесы на 7–8 %. В составе основного корма

карбамида должно быть не более 4 %.

В надсмесительный бункер 12 также подается высушенный жом из барабанной сушилки 7. Затем загруженные компоненты из надсмесительного бункера 12 направляются в смеситель 13, смешивание компонентов в котором осуществляется в квазиневесомом режиме. Применяемый квазиневесомый режим смешивания в максимальной степени учитывает основные требования процесса смешивания: равномерное распределение компонентов смеси, также учитывает влияние следующих основных факторов процесса смешивания: физико-механические свойства получаемых смесей.

Смешивание компонентов в квазиневесомом режиме, который обеспечивает высокую однородность получаемой смеси, даст возможность снизить коэффициент неоднородности до 3 %, улучшить физические качества смеси; снизить энергозатраты на 12-15 % за счет существенного сокращения продолжительности смешивания с 90 с до 45-60 с и за счет учета механических, физических и химических свойств смешиваемых компонентов и кинематических и конструктивных параметров процесса.

Полученная однородная смесь компонентов выгружается из смесителя 13 в подсмесительный бункер 14, из которого, проходя через магнитный сепаратор 15, очищается от ферромагнитных примесей и подается в гранулятор 16. В нем смесь компонентов прессуется в гранулы, гранулометрический состав которых определяется формой и размером отверстий матрицы.

Температура гранул после гранулятора 16 составляет 70-80 °С, поэтому они направляются в противоточный охладитель 17, который обеспечивает эффективное охлаждение гранулированных гранул комбикорма при помощи окружающего воздуха. Окружающий охлажденный воздух подается вертикально в слой гранул. При этом выходная температура гранул не должна достигать температуры выше 10...15 °С окружающей среды.

Из противоточного охладителя 17 охлажденные гранулы комбикорма подаются в просеиватель 18 для выделения мелкой фракции, которая направляется на повторное гранулирование в гранулятор 16.

Просеянные гранулы свекловичного жома с использованием кормовых добавок подаются на тензовесы 19 для взвешивания и затем ленточным транспортером 20 отгружаются в склад готовой продукции.

Технология производства гранулированного свекловичного жома с использованием кормовых добавок обеспечивает увеличение плотности по сравнению с рассыпным жомом и предотвращает слеживаемость свекловичных гранул.

Линия производства гранулированного свекловичного жома с использованием кормовых добавок обеспечивает получение гранул повышенной питательности и усвояемости, которые увеличивают продуктивность сельскохозяйственных животных.

Таким образом, использование линии производства гранулированного свекловичного жома с использованием кормовых добавок позволит:

- расширить ассортимент выпускаемого гранулированного свекловичного жома за счет применения различных кормовых добавок (мелассы, карбамида, биологически активных добавок (БАД), жировитаминных комплексов, кормовых дрожжей, мультиферментных комплексов и др.) с программируемыми свойствами, адаптированного для различных видов крупного и мелкого рогатого скота;
- расширить технологические возможности линии по производству гранулированного свекловичного жома с использованием кормовых добавок;
- существенное сокращение энергозатрат при производстве гранулированного свекловичного жома за счет применения двухкратного прессования и получения прессованного жома с более низким содержанием влаги, на испарение которой затрачивается меньше тепловой энергии в сушилке;
- значительное повышение пищевой ценности производимого гранулированного свекловичного жома за счет применения щадящего температурного режима сушки и различных кормовых добавок;
- повышение энергетической эффективности и эксплуатационной надежности работы линии.

5.2 Разработка методики инженерного расчета пресс-гранулятора для свекловичного жома

Методика расчета

Исходные данные. Диаметр шнека в зоне загрузки $D_{\text{загр}}$, мм, диаметр вала шнека в зоне выгрузки $D_{\text{выгр}}$, мм. В связи с тем, что в рабочей камере пресс-гранулятора шнек имеет 4 участка (рис. 5.2), то принимаем диаметр шнека на первом участке (после загрузочной зоны) D_1 , мм, на втором – D_2 , мм, на третьем – D_3 , мм, на четвертом – D_4 , мм, давление свекловичного жома в прессе P , МПа;

Основными геометрическими параметрами шнека являются: наружный диаметр D , шаг t и глубина нарезки h , угол наклона винтовой нарезки φ , ширина гребня витка e , величина радиального зазора между гребнем нарезки и корпусом камеры δ [56].

Учитывая, что отношение $L/D = (0,3 \dots 1,5)$, где L – длина соответствующего участка шнека, мм, рассчитаем длины всех участков шнека:

– в зоне загрузки

$$L_{\text{загр}} = 1,333 \cdot D_{\text{загр}};$$

– на первом участке рабочей камеры

$$L_1 = 0,475 \cdot D_1;$$

– на втором участке рабочей камеры

$$L_2 = 0,4545 \cdot D_2 \text{ мм};$$

– на третьем участке рабочей камеры

$$L_3 = 0,4545 \cdot D_3;$$

– на четвертом участке рабочей камеры

$$L_4 = 0,30 \cdot D_4;$$

– в зоне выгрузки

$$L_{\text{выгр}} = 0,74 \cdot D_{\text{выгр}};$$

В связи с тем, что шаг витка в зоне загрузки, в основном, зависит от ко-

коэффициента трения свекловичного жома о шнек и корпус, который изменяется в пределах 0,3...0,6, то рекомендуется принимать шаг равным

$$t_{\text{загр}} = (0,7 \dots 1,5) \cdot D.$$

Тогда

$$t_{\text{загр}} = (0,7 \dots 1,5) \cdot D.$$

При коэффициенте трения равным 0,5 угол наклона нарезки шнека составляет 19° , т.е. шаг $t = 1,1D$.

Для обеспечения высоких степеней сжатия свекловичного жома в пресс-грануляторе применяются шнеки с переменным по длине шагом витков шнека, который рекомендуется принимать равным

$$t = (0,8 \dots 1,2)D.$$

С учетом этого отношения рассчитаем шаг витков шнека на всех участках шнека:

– на первом участке рабочей камеры

$$t_1 = 0,575 \cdot D_1;$$

– на втором участке рабочей камеры

$$t_2 = 0,5 \cdot D_2;$$

– на третьем участке рабочей камеры

$$t_3 = 0,4545 \cdot D_3;$$

– на четвертом участке рабочей камеры

$$t_4 = 0,354 \cdot D_4;$$

– в зоне выгрузки

$$t_{\text{выгр}} = 0,74 \cdot D_{\text{выгр}};$$

Глубина винтового канала шнеков h для свекловичного жома принимается равной:

– в зоне загрузки

$$h_{\text{загр}} = (0,12 \dots 0,26) \cdot D_{\text{загр}};$$

– на первом участке рабочей камеры

$$h_1 = 0,5 \left[D_1 - \sqrt{D_1^2 - \frac{4h_{\text{загр}}}{j_1}(D_1 - h_{\text{загр}})} \right];$$

где j_1 – степень сжатия свекловичного жома – это отношение первоначального объема свекловичного жома к конечному;

– на втором участке рабочей камеры

$$h_2 = 0,5 \left[D_2 - \sqrt{D_2^2 - \frac{4h_1}{j_2}(D_2 - h_1)} \right];$$

где j_2 – степень сжатия свекловичного жома;

– на третьем участке рабочей камеры

$$h_3 = 0,5 \left[D_3 - \sqrt{D_3^2 - \frac{4h_2}{j_3}(D_3 - h_2)} \right];$$

где j_3 – степень сжатия свекловичного жома;

– на четвертом участке рабочей камеры

$$h_4 = 0,5 \left[D_4 - \sqrt{D_4^2 - \frac{4h_3}{j_4}(D_4 - h_3)} \right];$$

где j_4 – степень сжатия свекловичного жома.

Ширина гребня витка шнека рассчитывается по формуле:

$$e = (0,06...0,1) \cdot D.$$

С учетом этого соотношения рассчитаем толщины витка e шнека на всех участках шнека:

– в зоне загрузки

$$e_{\text{загр}} = 0,0833 \cdot D_{\text{загр}};$$

– на первом участке рабочей камеры

$$e_1 = 0,065 \cdot D_1;$$

– на втором участке рабочей камеры

$$e_2 = 0,059 \cdot D_2;$$

– на третьем участке рабочей камеры

$$e_3 = 0,0636 \cdot D_3;$$

– на четвертом участке рабочей камеры

$$e_4 = 0,059 \cdot D_4.$$

Радиальный зазор между внутренней поверхностью корпуса рабочей камеры и наружной поверхностью витка шнека равен:

$$\delta = (0,002 \dots 0,005) \cdot D.$$

Тогда радиальный зазор δ между внутренней поверхностью корпуса рабочей камеры и наружной поверхностью витка шнека на всех участках шнека будет равен:

– в зоне загрузки

$$\delta_{\text{загр}} = 0,01 \cdot D_{\text{загр}};$$

– на первом участке рабочей камеры

$$\delta_1 = 0,005 \cdot D_1;$$

– на втором участке рабочей камеры

$$\delta_2 = 0,005 \cdot D_2;$$

– на третьем участке рабочей камеры

$$\delta_3 = 0,005 \cdot D_3;$$

– на четвертом участке рабочей камеры

$$\delta_4 = 0,005 \cdot D_4.$$

Критическая частота вращения шнека пресс-гранулятора может быть определена по следующему соотношению:

$$n_{\text{кр}} = 42,4 / (60\sqrt{D}),$$

где $D_{\text{раб}}$ – диаметр шнека на втором и третьем участке пресс-гранулятора, м.

Рабочая частота вращения шнека равна

$$n_p = (0,2 \dots 0,7) \cdot n_{\text{кр}},$$

где меньшие значения числовых коэффициентов принимают для малых диаметров шнеков, большие – для больших значений.

Объемная производительность пресс-гранулятора для шнека с переменным шагом определяется по соотношению:

$$Q = \frac{4710 \cdot D^2 L_{\text{п.в}} (1 - \psi) \rho_n n_p (1 - k_b)}{B_m},$$

здесь $D_{\text{загр}}$ – диаметр шнека в зоне загрузки, м; B_M – выход мезги, %; ψ – коэффициент заполнения объема витка свекловичным жомом; $L_{\text{п.в}}$ – длина питающего витка (принимается $L_{\text{п.в}} = L_{\text{загр}}$); ρ_H – насыпная плотность свекловичного жома, кг/м³; n_p – рабочая частота вращения шнека, об/мин; k_B – коэффициент возврата

$$k_B = 2,15 / (\delta^{0,58}),$$

где $\delta = 5$ мм – ширина выходной щели регулировочного устройства.

Общая мощность привода пресс-гранулятора равна

$$N = N_1 + N_2 + N_3,$$

где N_1 – мощность, расходуемая на сжатие свекловичного жома,

$$N_1 = \frac{0,388 \cdot 10^6 b M n_p (j_2^{6,5} - 1)}{60 \exp(0,022 W) \rho_M},$$

здесь Π – производительность пресс-гранулятора, кг/ч; n_p – рабочая частота вращения шнека, об/мин; W – влажность свекловичного жома, %; M – масса свекловичного жома в пресс-гранулятора, кг;

$$M = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L \cdot \psi \cdot \rho_M}{4},$$

$L_{\text{общ}} = L_{\text{загр}} + L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_{\text{выгр}}$ – общая длина камеры пресс-гранулятора; b – эмпирический коэффициент, зависящий от влажности свекловичного жома и его температуры:

Температура, °С	80	90	100
Коэффициент b	0,00085	0,001	0,0006

j_2 – максимальная степень сжатия свекловичного жома;

N_2 – мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения между свекловичным жомом и шнековым валом.

Сила, давящая на нитку витка S , Н,

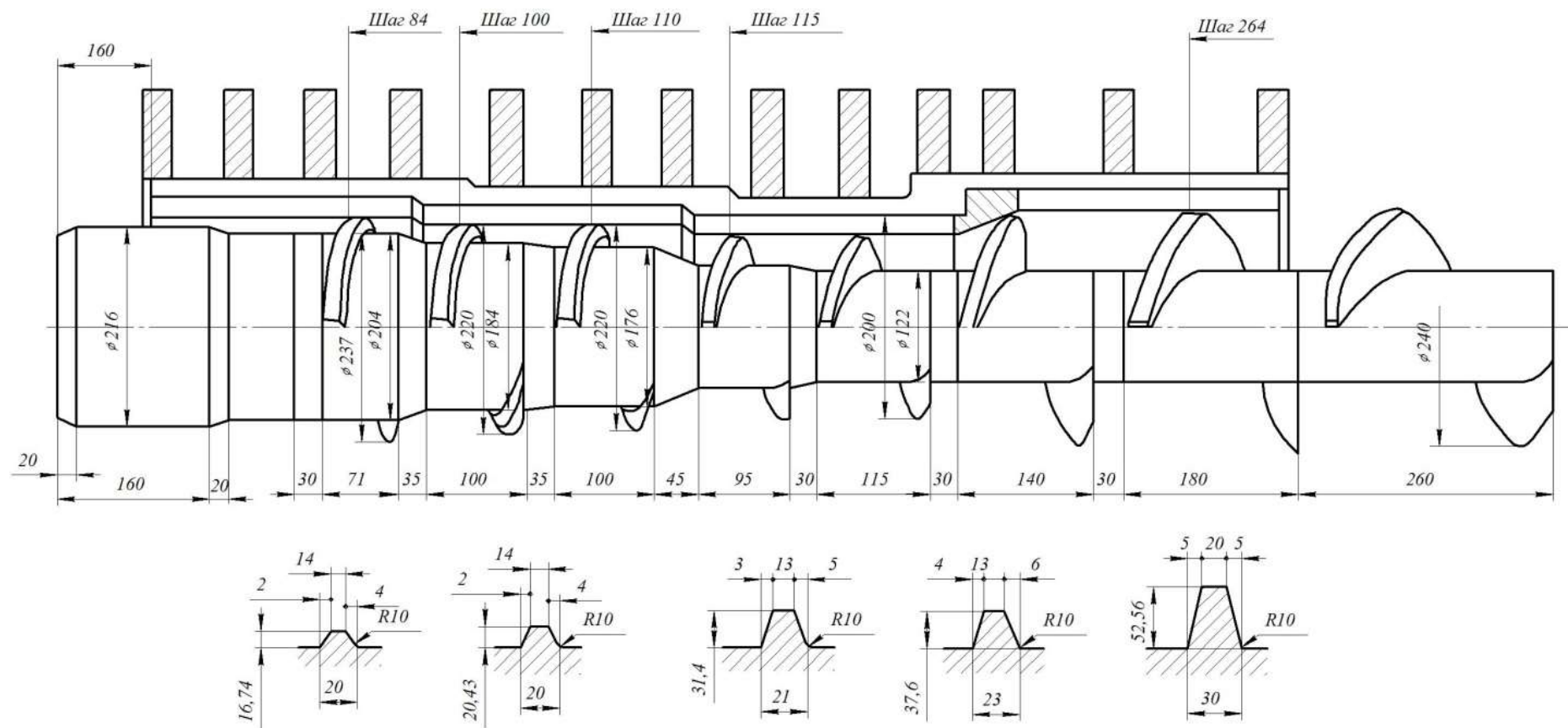


Рисунок 5.2.- Расчетная схема шнекового вала пресс-гранулятора

$$S = [F_b P (\cos \beta \cdot \sin \alpha + f \cdot \cos \beta)],$$

где f – коэффициент трения свекловичного жома о поверхность витка; θ – угол разрыва); F_b – боковая проекция площади витка (D и d – наружные диаметры нитки и тела витка);

$$F_b = \frac{\pi(D^2 - d^2)(360 - \theta)}{4 \cdot 360}.$$

Сила S приложена на расстоянии от оси шнекового вала, равном среднему радиусу витка

$$r_{cp} = \frac{D + d}{4}.$$

Мощность N_2 , кВт, затрачиваемая на вращение витков шнека, равна

$$N_2 = \frac{S \cdot r_{cp} \cdot n}{9750}.$$

В связи с тем, что величина давления на каждом витке меняется, расчет мощности ведется по каждому витку отдельно.

В дальнейших расчетах учитываем суммарную мощность $\sum N_2$ по всем виткам шнека.

N_3 – мощность, кВт, затрачиваемая на преодоление сил трения между жомом и внутренней поверхностью рабочей камеры

$$N_3 = T \cdot v_m \cdot 10^{-3},$$

где $v_m = nt/60$ – скорость перемещения свекловичного жома вдоль поверхности рабочей камеры (n – частота вращения вала, об/мин; t – шаг витка шнека, м).

$$v_m = \frac{n \cdot t_{загр}}{60}.$$

Сила A , Н, действующая на внутреннюю поверхность рабочей камеры

$$A = (P_p \cdot F_3) \cdot 10^6,$$

где $P_p = P (k \cos \alpha \cos \beta + \sin \beta)$ – полное удельное радиальное давление; $F_3 = \pi D_3 L$ – площадь шнека на длине витка (D_3 и L – диаметр шнека и длина витка).

Сила трения свекловичного жома о поверхность рабочей камеры

$$T = f \cdot A,$$

где f – коэффициент трения свекловичного жома о поверхность витка;

Этот расход энергии необходимо рассчитывать для каждого витка в отдельности.

В дальнейших расчетах учитываем суммарную мощность $\sum N_3$ по всем виткам шнека.

N_4 – мощность, кВт, затрачиваемая на преодоление сил трения в подшипниках.

Момент трения (Н·м) в шариковом упорном подшипнике может быть определен по формуле

$$M = \frac{Q_{\text{п}} \cdot f \cdot \pi \cdot d_{\text{ш}}}{2}.$$

где $Q_{\text{п}}$ – нагрузка на подшипник, Н; f – условный коэффициент трения: при значительных нагрузках $f = 0,0015-0,0020$, при малых нагрузках $f = 0,0020-0,0030$; $d_{\text{ш}}$ – диаметр окружности, по которой расположены шарики в подшипник, м.

Тогда мощность, кВт, затрачиваемая для преодоления трения, определяется по формуле

$$N_4 = \frac{Q_{\text{п}} \cdot f_y \cdot \pi \cdot d_{\text{ш}}}{2 \cdot 60 \cdot 1000}.$$

N_5 – мощность, кВт, затрачиваемая на разрушение вторичных структур свекловичного жома и на частичное его дробление определяется по формуле

$$N_5 = (N_1 + \sum N_2 + \sum N_3) K_{\text{п}},$$

где $K_{\text{в}}$ – коэффициент перемешивания

$$K_{\text{п}} = 1,416 - 0,04 \cdot \delta,$$

здесь δ – ширина выходной щели, мм.

Мощность на выходном валу редуктора N_p , кВт,

$$N_p = N_{\text{в}} + N_4.$$

$N_{\text{пр}}$ – мощность, необходимая на преодоление сил трения в редукторе,

учитывается коэффициентом полезного действия редуктора

$$N_{\text{пр}} = \frac{N_{\text{р}}}{\eta_{\text{р}}}$$

где η – КПД редуктора.

5.3 Пример расчета пресс-гранулятора с кольцевой матрицей

Исходные данные. Рассчитать пресс-гранулятор с кольцевой матрицей, если заданы: производительность $Q = 2$ т/ч, плотность гранул свекловичного жома $\rho_{\text{бр}} = 800$ кг/м³, и имеющего сечение прессовальных каналов 35×35 мм, $\rho_0 = 65$ кг/м³ – начальная плотность свекловичного жома; отношение радиусов вальца r и матрицы R для двухвальцового пресса равно $r/R = 0,40 \dots 0,45$.

Методика расчета

При заданной плотности брикетов $\rho_{\text{бр}} = 800$ кг/м³ расчетную плотность брикетирования в прессовальном канале принимаем равной

$$\rho = 1,25 \cdot \rho_{\text{бр}} = 1,25 \cdot 800 = 1000 \text{ кг/м}^3.$$

Давление, необходимое для получения гранул с заданной плотностью 800 кг/м³, равно

$$p = c[e^{a(\rho - \rho_0)} - 1] = 0,45[e^{1,65 \cdot 10^{-3}(1000 - 65)} - 1] = 34,5 \text{ МПа}.$$

Длина канала матрицы, обеспечивающая получение такого давления, вычисляется по уравнению

$$L_2 = \frac{u}{f \mu l} \ln \left(1 + \frac{\mu p}{q_0} \right) = \frac{0,035 \cdot 0,035}{0,3 \cdot 0,45 \cdot 4 \cdot 0,035} \ln \left(1 + \frac{0,45 \cdot 3,45}{0,5} \right) = 200 \text{ мм}.$$

Принимаем длину канала 200 мм.

Площадь рабочей поверхности матрицы, обеспечивающей заданную производительность, и необходимое для образования прочных гранул время выдержки спрессованного материала в канале рассчитывают по уравнению

$$F = \frac{Q \cdot \tau}{k_n L \cdot c \cdot \rho} = \frac{0,56 \cdot 20}{0,75 \cdot 0,2 \cdot 1,25 \cdot 800} = 0,0747 \text{ м}^2,$$

где $Q = 2 \text{ т / ч} = 0,556 \text{ кг / с}$ – производительность пресса; τ – время выдержки спрессованных гранул свекловичного жома в канале (при гранулировании свекловичного жома $\tau = 20 \dots 25 \text{ с}$); c – коэффициент, учитывающий расширение спрессованного жома после выхода из каналов ($c = 1,1 \dots 1,25$); $k_n = 0,75$ – коэффициент перфорации матрицы с прямоугольным сечением каналов.

Радиус матрицы определяется выражением

$$R = \frac{F}{2\pi z_k b} = \frac{0,0747}{2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 0,035} = 340 \text{ мм},$$

где $b = 35 \text{ мм}$ – ширина канала, равная стороне гранулы свекловичного жома круглого сечения; $z_k = 1$ – число рядов каналов в матрице.

При определении радиуса вальца следует помнить, что для двухвальцового пресса отношение радиусов вальца и матрицы

$$\psi = r / R = 0,40 \dots 0,45.$$

Тогда

$$r = (0,40 \dots 0,45) R = (0,40 \dots 0,45) 0,34 = 136 \dots 153 \text{ мм}.$$

Принимаем радиус вальца $r = 140 \text{ мм}$.

Определив радиусы матрицы и вальца, находим высоту захватываемого вальцом слоя жома:

$$H = R - \sqrt{r^2 + (R - r)^2 + 2r(R - r)\cos[\gamma / (1 - r / R)]} =$$

$$= 0,34 - \sqrt{0,14^2 + (0,34 - 0,14)^2 + 2 \cdot 0,14(0,34 - 0,14)\cos[22 / (1 - \frac{0,14}{0,34})]} = 17 \text{ мм},$$

где $\gamma \leq \varphi$ – угол защемления.

Число каналов прессования определяется из соотношения

$$i = \frac{F k_n}{u} = \frac{0,0747 \cdot 0,75}{0,035 \cdot 0,035} = 46 \text{ каналов}.$$

Частота вращения матрицы n выбирается из условия $n_{\min} < n < n_{\max}$, при этом n_{\min} определяется по уравнению:

$$n_{\min} = \sqrt{g / (R \sin \varphi) / 2\pi} = \sqrt{9,81 / (0,34 \sin 26) / 2 \cdot 3,14} = 1,292 \text{ с}^{-1},$$

а n_{\max} в соответствии с уравнением

$$n_{\max} = \sqrt{\sigma / 1,5 d, \rho R_{\text{н}} / 0,2\pi} = \sqrt{15,92 / 1,5 \cdot 0,0035 \cdot 800 \cdot 0,34 / 0,2 \cdot 3,14} = 5,3 \text{ с}^{-1}.$$

Растягивающие напряжения, возникающие в гранулах, выходящих из прессы,

$$\sigma = p_{\text{ц}} / S = 0,0195 / (0,035 \cdot 0,035) = 15,92 \text{ Па},$$

где $p_{\text{ц}}$ – центробежная сила, действующая на гранулу, Н;

$$p_{\text{ц}} = m \omega^2 R_{\text{н}} = 0,0343 \cdot 1,292^2 \cdot 0,34 = 0,0195 \text{ Н};$$

m – масса гранулы, кг;

$$m = Sl\rho = (0,035 \cdot 0,035) 0,035 \cdot 800 = 0,0343 \text{ кг};$$

$l = 0,035$ м – длина гранулы, м; $\rho = 800$ кг/м³ – плотность гранулы.

В брикетных прессах частота вращения водила вальцов принимается равной $n = 3 \dots 5$ с⁻¹.

Частота вращения водила проектируемого прессы для заданной производительности составляет:

$$n = \frac{Q_0}{2\pi RBH \rho_0 z} = \frac{0,56}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,34 \cdot 0,035 \cdot 0,015 \cdot 65 \cdot 2} = 4 \text{ с}^{-1},$$

где $z = 2$ – число вальцов.

Частоту вращения водила находим из уравнения

$$n = \frac{L_2 \rho c k_{\text{н}}}{\tau H \rho_0 z} = \frac{0,2 \cdot 800 \cdot 1,25 \cdot 0,75}{20 \cdot 0,015 \cdot 65 \cdot 2} = 4 \text{ с}^{-1}.$$

Определим скорость прохождения спрессованного жома через каналы матрицы

$$v_{\text{пр}} = \frac{n z H \rho_0}{c \rho} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 0,017 \cdot 65}{1,25 \cdot 800} = 0,00884 \text{ м/с} = 8,84 \text{ мм/с}.$$

Фактическое время выдержки спрессованной порции в канале матрицы

будет

$$\tau = \frac{L_2}{v_{\text{пр}}} = \frac{200}{8,84} = 22,62 \text{ с.}$$

Уточним пропускную способность матрицы по формуле:

$$Q_0 = 2\pi RBH \rho_0 n z = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,34 \cdot 0,035 \cdot 0,017 \cdot 65 \cdot 4 \cdot 2 = 0,66 \text{ кг/с.}$$

Это значение пропускной способности определено при условии, что запрессовывается весь слой материала высотой H . В связи с тем, что часть материала сталкивается роликом, высчитаем пропускную способность матрицы, исходя из размеров каналов и плотности материала в них, по уравнению:

$$Q_0 = u L_2 c \rho_0 i / \tau = \frac{0,035 \cdot 0,035 \cdot 0,2 \cdot 1,25 \cdot 800 \cdot 46}{22,62} = 0,50 \text{ кг/с.}$$

Таким образом, фактическая производительность пресса будет 1,8 т/ч.

Прежде чем приступить к определению затрат энергии на процесс прессования, необходимо вычислить площади сжатия материала, его проталкивания через каналы матрицы и сталкивания с перемычек между каналами.

Площадь сжатия материала определяется выражением

$$u_{\text{сж}} = BR \beta_{\text{сж}} = 0,035 \cdot 0,84 \cdot 0,175 = 0,00208 \text{ м}^2,$$

$$\text{где } \beta_{\text{сж}} = \beta - \beta_{\text{сж}} = 0,184 - 0,049 = 0,175 \text{ рад.}$$

Угол β можно найти из уравнения:

$$\beta = \frac{r}{R} \arccos \left[1 - \frac{H(R-H)}{2R(R-r)} \right] = \frac{0,14}{0,34} \arccos \left[1 - \frac{0,017 \cdot (0,34 - 0,017)}{2 \cdot 0,14 \cdot (0,34 - 0,14)} \right] = 0,184 \text{ рад.}$$

Угол проталкивания

$$\begin{aligned} \beta_{\text{пр}} &= \frac{r}{R} \arccos \left[1 - \frac{\frac{\rho_0}{\rho} H (R - \frac{\rho_0}{\rho} H)}{2r(R-r)} \right] = \\ &= \frac{0,14}{0,34} \arccos \left[1 - \frac{0,065 \cdot 0,017 (0,34 - 0,065 \cdot 0,017)}{2 \cdot 0,14 (0,34 - 0,14)} \right] = 0,049 \text{ рад.} \end{aligned}$$

Площадь проталкивания спрессованного жома

$$u_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} BR \beta_{\text{пр}} = 0,75 \cdot 0,035 \cdot 0,34 \cdot 0,049 = 0,004 \text{ м}^2,$$

а периметр этой площади

$$l = 2k_{\text{пр}}(B + R\beta_{\text{пр}}) = 2 \cdot 0,75(0,035 + 0,34 \cdot 0,049) = 0,078 \text{ м}^2.$$

Площадь перемычек, с которой сталкивается жом в каналы,

$$u_{\text{ст}} = (1 - k_{\text{пр}})BR\beta_{\text{пр}} = (1 - 0,75) \cdot 0,035 \cdot 0,34 \cdot 0,049 = 0,0001 \text{ м}^2.$$

Сила трения жома о поверхность перемычек определяется выражением

$$F = u_{\text{ст}}P_{\text{ст}}f = u_{\text{ст}}fP / \mu = 0,0001 \cdot 0,3 \cdot 34,5 / 0,45 = 2252 \text{ Н}.$$

Работа, затрачиваемая на сталкивание жома с перемычек:

$$A_3 = Fl_{\text{ст}} = 2252 \cdot 0,0042 = 9,38 \text{ Дж},$$

где $l_{\text{ст}}$ – путь сталкивания;

$$l_{\text{ст}} = (1 - k_{\text{пр}})R\beta_{\text{пр}} = (1 - 0,75) \cdot 0,34 \cdot 0,049 = 0,0042 \text{ м}.$$

Работа сжатия одним вальцом

$$\begin{aligned} A_1 &= u_{\text{сж}}CH [a\rho_0 e^{-a\rho_0} (lie^{a\rho_0 H/h} - lie^{a\rho_0}) - \frac{h}{H} (e^{a\rho_0 H/h} - 1)] = \\ &= 0,02 \cdot 0,45 \cdot 0,017 [4,65 \cdot 10^{-3} \cdot 65 e^{-4,65 \cdot 10^{-3} \cdot 65} (lie^{4,65 \cdot 10^{-3} \cdot 65} \times \\ &\times \frac{0,017}{0,001} - lie^{4,65 \cdot 10^{-3} \cdot 65}) - \frac{0,001}{0,017} (e^{\frac{4,65 \cdot 10^{-3} \cdot 65 \cdot 0,017}{0,001}} - 1)] = 20,38 \text{ Дж}. \end{aligned}$$

Работа проталкивания определяется по формуле

$$\begin{aligned} A_2 &= u[(u / f \mu l)(p + q_0 / \mu)(1 - e^{-f \mu l \frac{h}{u}}) - q_0^{h/\mu}] = \\ &= 0,004 \cdot [0,004 / 0,3 \cdot 0,45 \cdot 0,078)(34,5 + \frac{0,5}{0,45}) \times \\ &\times (1 - e^{-0,3 \cdot 0,45 \cdot 0,078 \cdot 0,001 / 0,004}) - 0,5^{\frac{0,001}{0,45}}] = 154,84 \text{ Дж}. \end{aligned}$$

Полная энергия, затрачиваемая на процесс гранулирования одним вальцом на участке матрицы, соответствующем углу $\zeta\beta$ будет

$$A = A_1 + A_2 + A_3 = 20,38 + 154,84 + 9,38 = 184,6 \text{ Дж}.$$

Разделив эту величину на время уплотнения и умножив на число вальцов z , получим мощность, необходимую для осуществления рабочего процесса прессом:

$$N = \frac{A \cdot 2\pi n}{\beta} = \frac{184,6 \cdot 6,28 \cdot 4}{0,184} 2 = 50,4 \text{ кВт.}$$

Энергоемкость процесса гранулирования определится по соотношению

$$\mathcal{E} = N / Q = 50,4 / 1,8 = 28 \text{ кВт.}$$

Мощность двигателя, необходимая для привода пресса определяется с учетом коэффициента полезного действия привода η и необходимого запаса мощности на пробуксовку вальцов:

$$N_{\text{дв}} = 1,25 \frac{N}{\eta} = 1,25 \frac{50,4}{0,8} = 78,75 \text{ кВт.}$$

5.4 Разработка комбинированного пресс-гранулятора

В результате проведенных исследований была разработана конструкция комбинированного пресс-гранулятора (рисунок 5.3), которая состоит из последовательно соединенных наклонного шнекового пресса и гранулятора с плоской матрицей.

Наклонный шнековый пресс включает в себя электродвигатель 1, станину 2, ременную передачу 3, подшипниковую опору 4, шнековый вал 5, загрузочный бункер 6 и матрицу 26. Рабочая камера наклонного шнекового пресса состоит из трех зон 7, 8 и 9, через которые проходит шнековый вал 5.

В первой зоне 7 рабочей камеры шнековый вал 5 имеет постоянный диаметр с постоянно уменьшающимся шагом витков.

Во второй зоне 8 шнековый вал 5 имеет больший, чем в первой зоне, диаметр с постоянно уменьшающимся шагом витков. Причем вал 5 во второй зоне 8 выполнен коническим.

В третьей зоне 9 шнековый вал 5 имеет постоянный диаметр с увеличивающейся толщиной витков шнека.

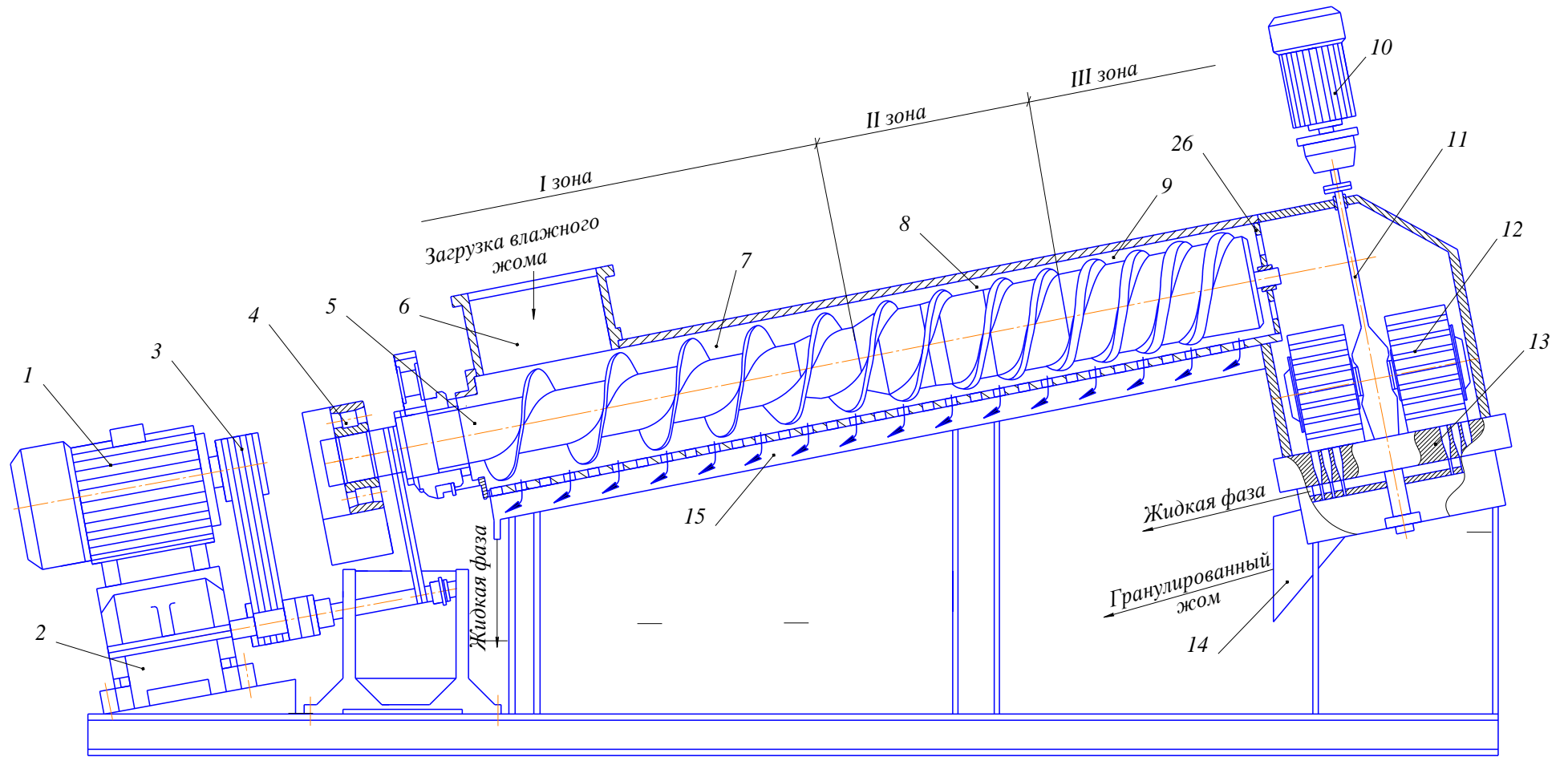


Рисунок 5.3. – Комбинированный пресс-гранулятор: 1 – электродвигатель, 2 – станина, 3 – ременная передача, 4 – подшипниковая опора, 5 – шнековый вал, 6 – загрузочный бункер, 7, 8, 9 – зоны рабочей камеры наклонного шнекового пресса, 10 – матрица, 11 – привод, 12 – ролики (прессующие вальцы), 13 – плоская матрица, 14 – выгрузочный патрубок для гранулированного жома, 15 – двутельный корпус, 26 – матрица

Соотношение размеров диаметров в первой 7, во второй 8 и третьей зонах 9 рабочей камеры определяется количеством отжатой жидкой фазы. Например, если в первой зоне 7 рабочей камеры с большим диаметром отжимается около 20 % жидкой фазы, то объем второй части 8 рабочей камеры должен быть на 20 % меньше. Соответственно изменится диаметр вала 5.

Нижняя часть в трех зонах частей рабочей камеры выполнена перфорированной для сбора и удаления жидкой фазы и снабжено двутельным корпусом 15 – для сбора и удаления отжатой из материала жидкой фазы из наклонного шнекового пресса.

Матрица 26 представляет собой кольцо, по диаметру которого расположены сквозные отверстия специальной формы. На боковых поверхностях матрицы 26 расположены отверстия для крепления матрицы к корпусу рабочей камеры наклонного шнекового пресса.

В состав гранулятора с плоской матрицей входят: привод 10 с вертикальным валом 11, на конце которого установлена коническая зубчатая шестерня, ролики (прессующие вальцы) 12, плоская матрица 13, патрубок для удаления гранулированного жома 14. Ролики (прессующие вальцы) 12 изготовлены не только с возможностью вращения вокруг наклонной оси с помощью вертикального вала 11, но и с возможностью вращения корпуса вокруг вертикальной оси корпуса гранулятора с плоской матрицей (рисунок 5.3).

В грануляторе плоская матрица 13 и ролики (прессующие вальцы) 12 выполнены наклонными, а их наружная поверхность изготавливается с продольными шлицами. В плоской матрице 13 выполнены цилиндроконические отверстия, в которых закреплены втулки 16 и перфорированные цилиндроконические фильтрующие элементы 17, а в нижней части матрицы 13 выполнен канал 19 для сбора и последующего удаления жидкой фазы (рисунок 5.4). Втулки 16 обеспечивают центрацию перфорированных цилиндроконических фильтрующих элементов 17.

Ролики 12 предназначен для того, чтобы поданный в камеру гранулятора высоковлажный материал, затягивался между матрицей 13 и прессующими ро-

ликами (вальцами) 12 и продавливался в цилиндрические отверстия фильтрующих элементов 17. Для этого внутри роликов 12 запрессовываются подшипники 22, распорная втулка 23, а с торцевых сторон роликов 12 закрепляются крышки 24 и 20 с помощью болтов 21 (рисунок 5.5).

Подшипники 22 в свою очередь запрессовываются на ось 25, которая приводится во вращение с помощью конических зубчатых шестерен (на рисунке 5.3 не показаны) от вертикального вала 11. Наружная поверхность роликов (прессующих вальцов) 12 изготавливаются с продольными шлицами 18, форма которых обеспечивает наилучший захват частиц прессуемого материала (рисунок 5.5).

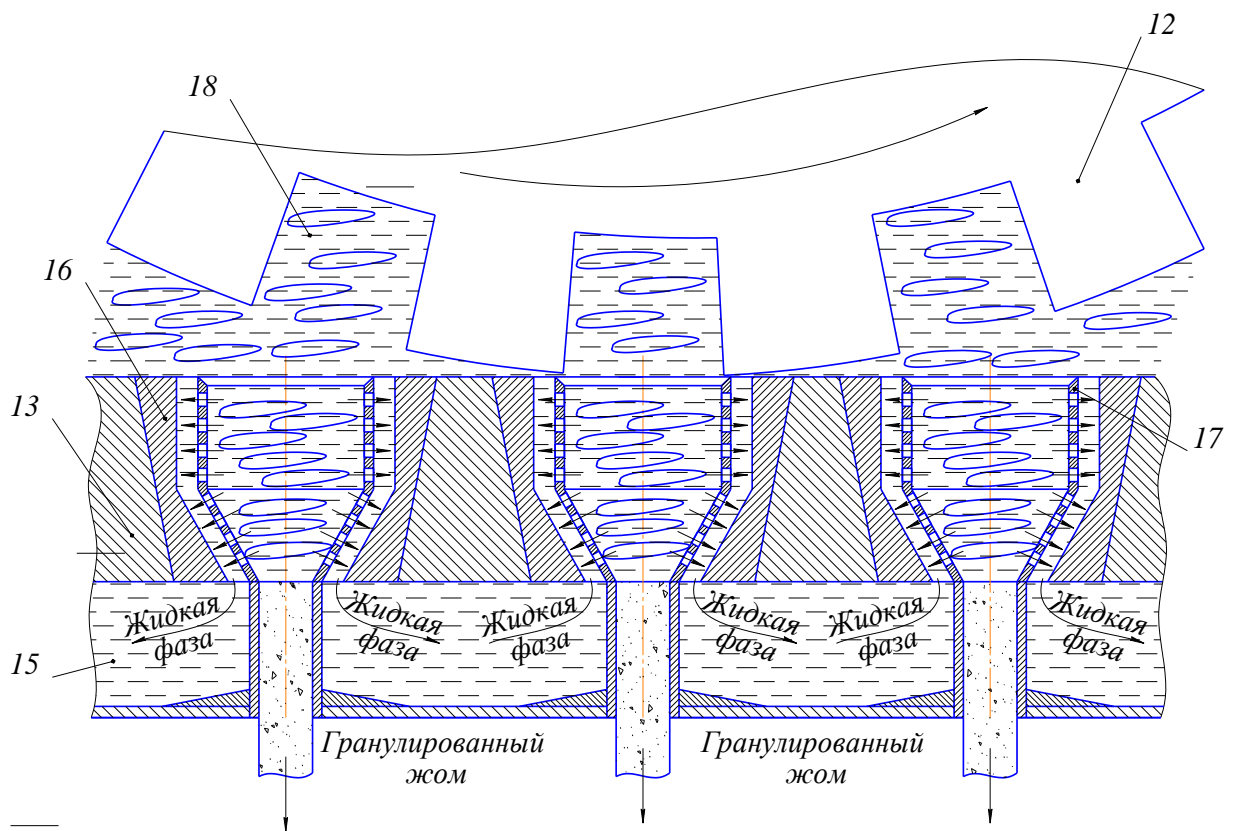


Рисунок 5.4. – Продольный разрез плоской матрицы гранулятора с роликом (прессующим вальцом): 12 – ролики (прессующие вальцы), 13 – плоская матрица, 15 – двутельный корпус, 16 – втулки, 17 – цилиндрические конические фильтрующие элементы, 18 – продольные шлицы

Шлицы 18 могут иметь в поперечном сечении треугольную, прямоугольную, круглую или другую сложную комбинированную форму. Выбор формы, шага расположения и глубины шлицев 18 будут определяться гранулометрическим составом, структурно-механическими и физико-химическими свойствами частиц прессуемого материала.

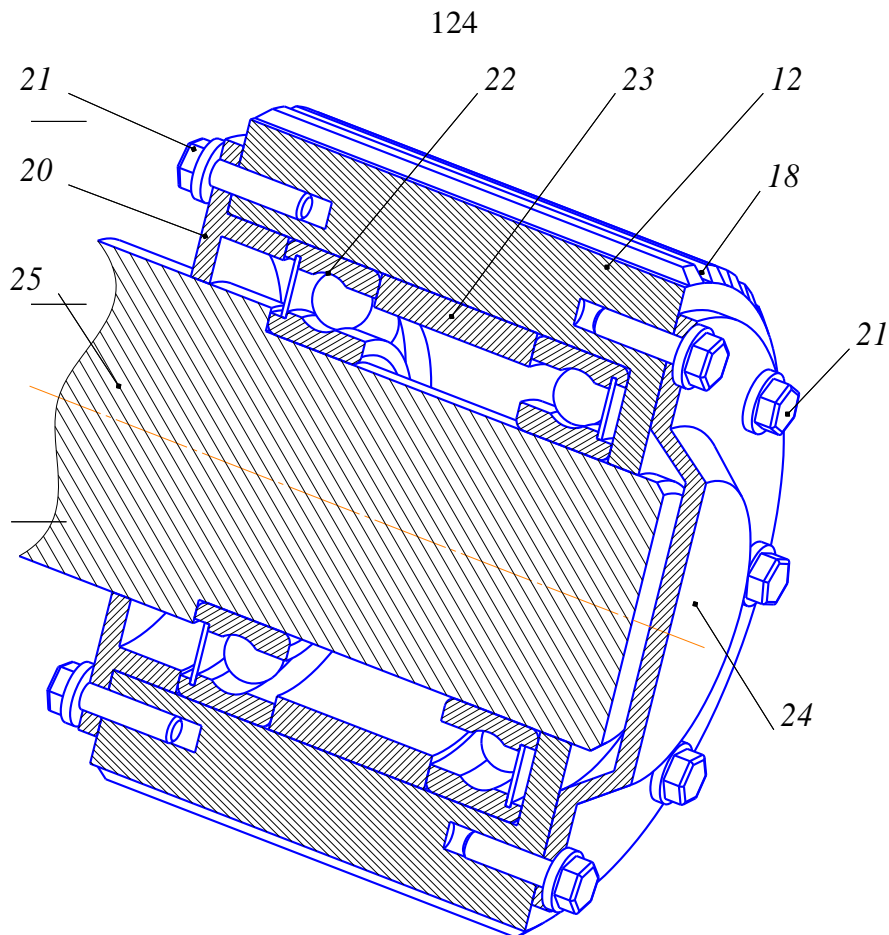


Рисунок 5.5. – Продольный разрез объемного изображения ролика (прессующего вальца):
 12 – ролики (прессующие вальцы), 18 – продольные шлицы, 20, 24 – крышки, 21 – болты,
 22 – подшипник, 23 – распорная втулка, 25 – ось

Комбинированный пресс-гранулятор работает следующим образом. Исходный высоковлажный материал (например, свекловичный жом с начальной влажностью 85-90 %) подается через загрузочный бункер 6 внутрь рабочей камеры наклонного шнекового пресса. Одновременно включается электродвигатель 1, который приводит во вращение шнековый вал 5, который перемещает исходный высоковлажный материал вдоль рабочей камеры. При этом постепенно отжимается влага из высоковлажного материала (например, для свекловичного жома до влажности 68-76 %) за счет постепенного плавного увеличения давления, обусловленного конструктивными особенностями трех зон рабочей камеры и шнекового вала 5 наклонного шнекового пресса.

Прессуемый высоковлажный материал перемещается шнеком 5 к матрице 26 и под давлением выпрессовывается через ее отверстия.

Затем включается привод 10, приводя в поступательное движение вра-

щающиеся вальцы 12, конструкция которых такова, что они не только вращаются вокруг вертикального вала 11, но и с помощью подшипников 22 вращаются вокруг своей оси.

Предварительно отжатые в наклонном шнековом прессе гранулы, выходящие из матрицы 26, сверху падают в зазор между внутренней поверхностью матрицы 13 и вращающимися роликами 12.

Наклонное положение плоской матрицы 13 и вращающихся роликов (прессующих вальцов) 12 обеспечивает постепенное плавное увеличение давления в прессуемых гранулах. Ролики (прессующие вальцы) 12 с продольными шлицами 18 захватывают при вращении частицы прессуемого материала и запрессовываются в перфорированные цилиндрические фильтрующие элементы 17, где под действием большого давления формируются гранулы с конечной влажностью (например, для свекловичного жома до влажности 64-69 %). Под действием непрерывно поступающего в гранулятор материала, он постепенно продвигается вдоль цилиндрических отверстий цилиндрических фильтрующих элементов 17. При этом за счет увеличения давления из гранул выдавливается жидкая фаза, которая проходит через боковые перфорированные стенки элементов 17, поступает в канал 19 и удаляется из гранулятора. А полностью отжатые гранулы выходят из отверстий цилиндрических фильтрующих элементов 17 наружу, попадают в патрубок 14 и выгружаются из комбинированного пресс-гранулятора.

Предлагаемый комбинированный пресс-гранулятор имеет следующие преимущества:

- более высокую производительность вследствие лучшего захвата частиц прессуемого высоковлажного материала продольными шлицами 18 на роликах 12;
- повышение износостойкости, надежности работы и долговечности рабочих поверхностей матрицы 26, шнекового вала 5 и роликов 12 комбинированного пресс-гранулятора;
- получение прессованных гранул с более низкой влажностью, что поз-

волит существенно сократить энергозатраты при их дальнейшей сушке;

– повышение эффективности процесса удаления жидкой фазы из свекловичного жома;

– снижение удельных энергозатрат при прессовании высоковлажных материалов.

Основные выводы и результаты

1. Выявленные кинетические закономерности процесса прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима при переменных кинематических режимах позволили обосновать рациональные параметры процесса отжима жомопрессовой воды и установлен характер влияния их технологических параметров на физико-химические свойства и показатели качества свекловичного жома и жомопрессовой воды.

Разработана математическая регрессионная модель процесса прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима, описывающая изменение содержания сахара в жоме и его кормовой ценности в зависимости от кислотности и влажности жома, а также от длины свекловичной стружки.

3. Разработана математическая модель процесса прессования свекловичного жома в двухшнековом прессе глубокого отжима, позволяющая определить силовые и энергетические параметры процесса.

4. Разработаны методики инженерного расчета пресс-гранулятора для и пресс-гранулятора с кольцевой матрицей, позволяющие рассчитать основные кинематические параметры процесса и конструктивные размеры проектируемых видов оборудования.

5. Разработана конструкция комбинированного пресс-гранулятора, состоящего из последовательно соединенных наклонного трехзонного шнекового пресса и гранулятора с плоской матрицей реализующий высокую эффективность отжатия жидкой фазы из свекловичного жома. Разработана технологическая линия производства гранулированного свекловичного жома с использованием кормовых добавок, использование которой позволит существенно сократить энергозатраты за счет получения прессованного жома с более низким содержанием влаги.

6. Выполнена комплексная оценка химического состава, физико-химических свойств и показателей качества свекловичного жома, которая поз-

волила оценить повышенную кормовую ценность жома.

7. Разработана перспективная технология глубокого отжима свекловичного жома на двухшнековых прессах при переменных кинематических режимах, направленная на снижение содержания влаги и сокращение энергозатрат при гранулировании и сушке жома.

8. Проведенные на СП «Боринский сахарный завод» и СП «Хмелинецкий сахарный завод» АО «АПО «Аврора» производственная апробация и промышленное производство прессованного жома при переменных кинематических режимов работы пресса глубокого отжима подтвердили сокращение энергозатрат на 12-14 %, экономическая эффективность составила в 2021 г. 557,37 млн. руб.

Библиографический список

1. Авроров, В. А. О компактировании свежего свекловичного жома на вертикальном шнековом компакторе с многолепестковой уплотняющей диафрагмой / В. А. Авроров, М. А. Редченко, О. А. Мурашкина, Е.А. Сарафанкина // Сборник материалов XVI Международной научной конференции «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК» – Брянск: БГСХА, 2019.
2. Авроров, В. А. Моделирование процесса компактирования влагосодержащих отходов растительного происхождения на примере свежего свекловичного жома / В. А. Авроров, М. А. Редченко // Food Technology. – 2019. – V. 8. – № 2 (46). – С. 145-149.
3. АгроXXI. Агропромышленный комплекс [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroxxi.ru/stati/rynok-saharnoi-svekly-v-rosi.html> (Дата обращения: 15.02.2017).
4. Агропромышленный портал России. Прессование жома [Электронный ресурс]. –2017. – Режим доступа: <http://agro-portal24.ru>
- 5.Алексеев Г. В., Вороненко Б. А., Гончаров М. В., Холявин И. И. Численные методы при моделировании технологических машин и оборудования. – Санкт-Петербург, ГИОРД. – 2014. – 200 с.
- 6.Алексеев Г. В., Вороненко Б. А., Лукин Н. И. Математические методы в пищевой инженерии. – Санкт-Петербург, ЛАНЬ. – 2012. – 176 с.
- 7.Алехина, А. В. Обоснование рациональных условий прессования свекловичного жома / Алехина А. В., Федорук В. А., Голыбин В. А. // Фундаментальные проблемы технических наук. – 2014. – С. 5-7.
- 8.Аксенова, О. И. Моделирование ФТС рецептурной смеси с учетом взаимодействия равнозначных компонентов// Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Перспективное развитие науки, техники и технологий». – Курск. 2013.С. 66-71.
- 9.Аксенова, О. И. Проектирование многокомпонентных продуктов с использованием теории нечетких множеств / Аксенова О. И., Шубенкова В. А. //

Сборник трудов II заочной Международной научно-практической конференции «Техника и технологии: роль в развитии современного общества». – Краснодар. 2013. С. 34-35.

10. Афанасьев, В. А. Разработка технологии влажного прессования углеводно-витаминно-минеральных добавок с повышением содержания мелассы / В.А. Афанасьев, А.А. Киселев // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2015. – № 1 (63). – С. 70-73.

11. Афанасьев, В. А. Гранулирование кормов. / Афанасьев, В.А., Ульченко В. А. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.:Агропромиздат, 1988. – 143 с.

12. Афанасьев, П. И. Способы повышения качества свекловичного жома / П. И. Афанасьев, В. С. Расторгуев, Ю. В. Калинин // Кормопроизводство. – 2010. – № 4. – С. 43-44.

13. Бабенко, Д. С. Разработка способа обезвоживания свекловичного жома методом прессования в поле вибрационного воздействия: автореф. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.18.12 / Бабенко Денис Сергеевич. – Воронеж: ВГУИТ, 2008. – 20 с.

14. Благоев, Д. А. Пресс-грануляторы, технические особенности, влияние гранулирования на качественные показатели корма / Благоев Д. А., Митрофанов С. В., Панферов Н. С., Тетерин В. С., Пестряков Е. В. // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2020. – № 9 (182). – С. 57-66.

15. Бугаенко, И. Ф. Принципы эффективного сахарного производства / И. Ф. Бугаенко – М: Международная сахарная компания, 2003. – 286 с.

16. Булавин, С. А. Безотходная энергосберегающая технология переработки свекловичного жома / С. А. Булавин, К. В. Казаков, А. С. Колесников // Сахар. – 2011. – № 3. – С. 36-40.

17. Булавин, С. А. Совершенствование технологии сушки свекловичного жома / С. А. Булавин, К. В. Казаков, А. С. Колесников, В. В. Билько // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – № 4. – С. 43-44.

18. Булатов, А. С. Разработка процесса прессового гранулирования мелкодисперсных сред на примере минеральных порошков и древесных отходов:

автореф. ...канд. техн. наук. – М., 2012. – 25 с.

19. Валошин А. В., Крисанов А. Ф. Influence of vitamin A as a synthetic preparation “Microvit” on the digestibility of basic nutrients of fodder by bull-calves at their feeding with the use of fragrance granules // Аграрный научный журнал. – 2020. – №. 1. – С. 38-42.

20. Вайстих, Г. Я. Гранулирование кормов. / Вайстих, Г. Я., Дарманьян П.М. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988. – 143 с.

21. Ведомственные нормы технологического проектирования свеклосахарных заводов. ВНТП 03-91. – М: Гипросахпром. – 106 с.

22. Величко, А. Система гранулирования и ее применение // Комбикорма. – 2009. – № 1. – С. 37-38.

23. Ветюгов, А. В. Расчет основных параметров процесса гранулирования в новой установке для получения гранул // А. В. Ветюгов, А. В. Богородский, В. А. Безлепкин, В. П. Романов, А. Л. Белова // Огнеупоры и техническая керамика. – 2012. – № 10. – С. 32-38.

24. Винников, Г. А. Исследование процесса гранулирования комбикорма в прессах с вращающейся кольцевой матрицей: дис. ... канд. техн. наук. – М., 1970. – 164 с.

25. ГОСТ Р 54901-2012. Жом сушеный. Технические условия. – М. : СтандартИнформ, 2013. – 15 с.

26. ГОСТ Р 50817–95 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области.

27. ГОСТ Р 51417–99 (ИСО 5983:1997) Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина. Метод Къельдаля.

28. ГОСТ Р 51419–99 (ИСО 6498:98) Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Подготовка испытываемых проб.

29. ГОСТ Р 51766–2001 Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения мышьяка.

30. ГОСТ Р 52304–2005 Меласса свекловичная. Технические условия.
31. ГОСТ Р 52337–2005 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения общей токсичности.
32. ГОСТ Р 52647–2006 Свекла сахарная. Технические условия.
33. ГОСТ Р 52698–2006 Комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения остаточных количеств хлорорганических пестицидов.
34. ГОСТ Р 52833–2007 (ИСО 22174:2005) Микробиология пищевой продукции и кормов для животных. Метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) для определения патогенных микроорганизмов. Общие требования и определения.
35. ГОСТ 12571–98 Сахар. Метод определения сахарозы
36. ГОСТ 17421-82 «Свекла сахарная для промышленной переработки. Требования при заготовках. Технические условия»
37. ГОСТ 13496.3–92 (ИСО 6496–83) Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения влаги.
38. ГОСТ 13496.4–93 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина.
39. ГОСТ Р 53036-2008 «Свекла сахарная. Методы испытаний»
40. Голыбин, В.А. Технологическое оборудование сахарных заводов / В.А. Голыбин, В.А. Федорук, Н.Г. Кульнева – Воронеж: ВГУИТ, 2012. – 172 с.
41. Городецкий, В. О. Особенности режима извлечения сахарозы из свекловичной стружки, обладающей низким коэффициентом диффузии / Городецкий В. О., Семенихин С. О., Котляревская Н. И., Швецов А. А. // Научные труды СКФНЦСВВ. 2018. – Том 15. – С. 162-166.
42. Факторы, влияющие на эффективность прессования свекловичного жома / Городецкий В.О., Решетова Р.С., Семенихин С.О., Котляревская Н.И. // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2018. – № 4. – С. 10-16.
43. Гребенюк, С. М. Технологическое оборудование сахарных заводов [Текст] / С. М. Гребенюк, Ю. М. Плаксин, Н. Н. Малахов, Н.И. Виноградов. –

М. : Колос, 2007. – 520 с.

44. Гукасян, А. В. Двумерная модель течения материала в канале шнека с неподвижной крышкой / Гукасян А. В., Кошевой Е. П., Косачев В. С. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – № 1. – 2018. – С. 20-24.

45. Гукасян, А. В. Аналитическое решение задачи двумерного слоистого напорного течения в прямоугольном канале / Гукасян А. В. // Теоретические аспекты хранения и переработки сельхозпродукции. – ХИПС. – № 4. – 2018. – С. 29-37.

46. Гурин, А. Г. Жом как ценнейший продукт сахарного производства / Гурин, А. Г., Басов Ю. В., Гнеушева В. В. // Russian agricultural science review. – 2015. – Т. 5. – №. 5-1. – С. 251-255.

47. Дарманьян, П. М. Физико-химические основы технологии гранулирования комбикормов и их компонентов: дис. ... докт. техн. наук. – Одесса, 1992.

48. Девина, М. В. и др. Направления использования вторичных отходов свеклосахарного производства // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК–продукты здорового питания. – 2017. – №. 5 (19).

49. Демина, Н. В. Возможность использования вторичных сырьевых ресурсов свеклосахарного производства для дальнейшей переработки / Н. В. Демина, Л. В. Донченко, С. В. Ковалева // Научный журнал КубГАУ.– 2006. – № 2. – С. 58–62.

50. Дранников, А. В. Повышение эффективности процесса сушки свекловичного жома перегретым паром // монография / Воронеж. ВГТА. – 2010. – 172 с.

51. Дранников, А. В. и др. Многофакторный статистический анализ процесса смешивания при получении кормовой добавки на основе свекловичного жома // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2020. – Т. 82. – №. 1 (83). – С. 27-33.

52. Дыганова, Р. Я. Технология переработки свекловичного жома с использованием биоэнергетической установки / Дыганова, Р. Я., Зайнашева З. Р. // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной меди-

цины им. НЭ Баумана. – 2015. – Т. 221. – №. 1.

53. Зобова, С. Н. Разработка математической регрессионной модели процесса прессования свекловичного жома на прессе глубокого отжима / С. Н. Зобова, Л. Н. Фролова, Г. В. Алексеев, А. А. Бирченко, И. С. Богомолов // Вестник ВГУИТ. – 2021. – Т. 83. – № 4. – С. 31–36.

54. Зобова, С. Н. Влияние технологических режимов на изменения состава свекловичного жома при его переработке на Боринском сахарном заводе / Зобова С. Н., Остриков А. Н., Фролова Л. Н., Копылов М. В., Богомолов И.С. // Вестник ВГУИТ. – 2021. – Т. 83. – № 1. – С. 70**Ошибка! Источник ссылки не найден.**–77.

55. Зобова, С. Н. Совершенствование технологии сушеного свекловичного жома методом двухкратного прессования / С. Н. Зобова, А. Н. Остриков / Материалы LIV отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2020 год : В 3 ч. – Воронеж: ВГУИТ, 2021. Ч. 2. – С. 23-25.

56. Зобова, С. Н. Разработка методики расчета пресс-гранулятора с кольцевой матрицей / С. Н. Зобова // Новые концептуальные подходы к решению глобальной проблемы обеспечения продовольственной безопасности в современных условиях сборник научных статей 9-й Международной научно-практической конференции / Юго-Зап. гос. ун-т., Юго-Зап. гос. ун-т., Курск, 2021. – С. 176-180.

57. Зобова, С. Н. Динамика изменения физико-химических и микробиологических показателей свекловичного жома в процессе прессования и гранулирования / С. Н. Зобова, А. Н. Остриков // Научно-практические аспекты развития АПК [Электронный ресурс]: мат-лы национ. науч. конф. Часть 2 / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2021. – С. 86-88.

58. Казаков, К. В. Теоретический анализ рабочего процесса прессования свекловичного жома в шнековом прессе / К. В. Казаков, А. С. Колесников // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – № 2 (26). – С. 47-61.

59. Кегелес, В. Л. Диаграмма прессования свекловичного жома / Кегелес В. Л., Мельников В. Ф., Яковлев Н. А. // Известия вузов. Пищевая тех-

нология. – № 1-2. – 1995. – С. 114-115.

60. Классен, П. В. Гранулирование. / Классен П. В., Гришаев И. Г., Шомин И. П. – М.: Химия, 1991. – 239 с.

61. Ковриков, И. Т. Исследование силовой характеристики замкнутого клиновидного рабочего пространства пресс-гранулятора с помощью тензометрического прессующего ролика. / И. Т. Ковриков, А. С. Кириленко. // Технические науки – от теории к практике. – 2014.– № 35. – С. 74–83.

62. Кожарова, Л. С. Основы комбикормового производства. – М.: ВО Агропромиздат, 1987. – 137 с.

63. Колесников, А. С. Совершенствование технологии гранулирования свекловичного жома // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2018. – №. 3. – С. 14-22.

64. Коцаев, И. А., Рядинская А. А., Татьянаичева О. Е. Использование в птицеводстве сухого свекловичного жома. Монография. – Litres, 2021.

65. Круглик, С. В. Об опыте контроля отдельных показателей при отжиге и сушке жома // Сахар. – 2019. – № 12. – С. 21-23.

66. Леснов, А. П. Переработка свекловичного жома в высокобелковые корма // Сахар. – 2010. – №. 8. – С. 49-52.

67. Меретуков, З. А. Решение дифференциального уравнения отжима / Меретуков З. А., Кошевой Е. П., Косачев В. С. // Новые технологии. – 2011. – № 4. – С. 54-57.

68. Меретуков З. А., Кошевой Е. П. Физико-химическая механика прессования масличных материалов. Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2012. – 182 с.

69. Мищенко, Е. В. Экологические проблемы, возникающие при хранении свекловичного жома на сахарных заводах / Мищенко Е. В., Мищенко В. Я.// Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях. – 2018. – С. 139-143.

70. Мхитарян, Г. А. Современные технологии переработки свекловичного жома / Мхитарян Г. А., Леснов А. П., Ткаченко В. М. // Сахарная свекла.

2009. № 2. С. 33–35.

71. Морозова, Т. Г. Оценка модернизации гранулятора в свеклосахарном производстве / Морозова Т. Г., Морозов В. Б. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 9.

72. Мурашкина О. А. и др. О снижении энергозатрат при сушке свекловичного жома // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2019. – Т. 8. – №. 2. – С. 160-164.

73. Мхитрян, Г.А. Современные технологии переработки свекловичного жома / Г.А. Мхитрян, А.П. Леснов, В.М. Ткаченко // Сахарная свекла. – 2009. – № 2. – С. 33-35.

74. Мюллер, О.Д. Математическая модель процесса формирования древесных гранул / Мюллер О.Д., Мелехов В.И., Любов В.К., Тюрикова Т.В. // Лесной журнал. – 2015. – № 2. – С. 104-122.

75. Мюллер, О. Д. Математическая модель процесса прессования термомодифицированной древесной коры в пресс-грануляторах барабанного типа / О.Д. Мюллер, В.И. Мелехов, Н.Г. Пономарева, Т.В. Тюрикова, М.О. Хрусталева// Лесной журнал. – 2017. – № 2. – С. 130-148.

76. Назаров, В. И. Особенности разработки процесса прессового гранулирования биотоплива на основе древесных и растительных отходов / В. И. Назаров, И. А. Булатов, Д. А. Макаренков // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2009. – № 2. – С. 35–39.

77. Назаров, В. И. Исследование процесса гранулирования дисперсных отходов на роторных прессах с плоской матрицей / Назаров В. И., Макаренков Д. А., Булатов И. А. // Вестник МИТХТ. – 2010. – Т. 5. – № 6. – С. 13-16.

78. Осадчий, Л. М. Прессование жома и использование жомопрессовой воды / Л. М. Осадчий, Н. В. Кульковец // Сахар. – 2011. – №. 3. – С. 22-35.

79. Орлов, В. Д. Использование вторичных энергоресурсов свеклосахарных заводов в производстве сушеного жома / В. Д. Орлов, А. Ф. Заборсин. – М. : АгроНИИТЭИПП, 1987. – Вып. 6. – 36 с.

80. Орлов, В. Д. Конвейерные сушилки в производстве сушеного жома

/ В. Д. Орлов, Л. Г. Иваницкая // Сахарная промышленность. – 1993. – № 1. – С. 20.

81. Орлов, В. Д. Производство сушеного свекловичного жома / В. Д. Орлов, А. С. Заборсин, С. Л. Яровой. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 112 с.

82. Пат. № 2542530, Российская Федерация. МПК С13В 5/06 Способ получения сушеного свекловичного жома / А. М. Черников. –№ 2013137985/13, Заяв. 13.08.2013. Оpubл. 20.02.2015.

83. Пат. № 2346988, Российская Федерация. МПК С13С3/00, А23В7/02. Способ производства сухого свекловичного жома/ Шевцов А.А., Дранников А.В., Дерканосова А.А., Кузнецов Д.А. –№ 2007134613/13. Заявк. 17.09.2007. Оpubл. 20.02.2009.

84. Пат. № 1408597, Российская Федерация. МПК В01J 2/10 (1995.01). Гранулятор сыпучих материалов / Казаков А.И. –№ 3680092/26. Заявк. 27.12.1983. Оpubл. 10.03.1995.

85. Пат. № 2271246, Российская Федерация. МПК В01J 2/10 (2006.01). Гранулятор / Гуслицер И.И., Миронов Г.С., Ботвич А.Л. –№ 2004119519/15. Заявк. 25.06.2004. Оpubл. 10.03.2006.

86. Пат. № 2412753, Российская Федерация. МПК В01J 2/00 (2006.01). Вибрационно-центробежный гранулятор / Ильина Т. Н., Севостьянов М. В., Шкарпеткин Е.А., Уральский В. И. –№ 2009135800/05. Заявк. 25.09.2009. Оpubл. 27.02.2011.

87. Пат. № 2118105, Российская Федерация. МПК А23N 17/00 (1995.01). Шнековый пресс-гранулятор/ Доценко С.М., Якименко А.В., Якименко В.П. –№ 97109178/13. Заявк. 28.05.1997. Оpubл. 27.08.1998.

88. Перспективные технологии переработки свекловичного жома [Электронный ресурс]. –2019. –Режим доступа: <http://www.Noo-center.ru>.

89. Польшяева, М. А. Об использовании вторичных ресурсов свеклосахарного производства / М.А. Польшяева // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс.– Пенза: ПензГТУ– 2016. –№ 1(29) – С. 92-94.

90. Польшяева, М. А. О компактировании свекловичного жома / М.А. Польшяева // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс.– Пенза: ПензГТУ. – 2017. – №2 (36). –С.20-24.
91. Попов, В. М. Некоторые аспекты переработки жома свекловичного с целью его дальнейшего использования / Попов В. М., Беседин А. В. // Актуальные проблемы экологии и охраны труда. – 2016. – С. 353-357.
92. Праті, Эрнанно. Пути улучшения эксплуатационных показателей прессование жома / Эрнанно Праті, Франко Манискалко // Вісник цукровиків України. – 2013. – № 7 (86). – С. 21-24.
93. Прохорова Л. Н., Сивандаев М. В., Селюнина А. Г. Модернизация гранулятора для прессования грубого растительного сырья // Пища. Экология. Качество. – 2020. – С. 527-529.
94. Редченко, М. А. О направлениях переработки и использования отходов свеклосахарной промышленности в отраслях АПК / М. А. Редченко, Е. А. Сарафанкина // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс – Пенза: ПензГТУ. – 2019. – № 1 (45). – Т.8. – С.108-111.
95. Редченко, М. А. О прессовании свежего свекловичного жома / Редченко М. А., Авроров В. А. // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – Т 8. – № 2 (46). – 2019. – С. 170-173.
96. Риянова, Э. Э. Физико-химический анализ свекловичного жома / Э. Э. Риянова, Н. В. Кострюкова [Электронный ресурс] // SCI-ARTICLE.RU. 2017. URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1488193767> (Дата обращения: 30.03.2017).
97. Решетова, Р.С. Эффективность технологии диффузионно-прессового извлечения сахарозы из свекловичной стружки / Решетова Р.С., Городецкий В.О., Семенихин С.О., Котляревская Н.И. // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2018. – № 2-3 (362-363). – С. 61-65.
98. Свекловичный жом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sergey-osetrov.narod.ru/raw_material/beet_pulp.htm.
99. Севостьянов, И. В. Экспериментальные исследования процессов виброударного обезвоживания влажных дисперсных пищевых отходов // Во-

сточно-Европейский журнал передовых технологий. – № 63. – 2013. – С. 3-7.

100. Синельников, В. М. и др. Анализ развития свеклосахарного подкомплекса Республики Беларусь // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №. 2.

101. Славянский, А. А. Отходы сахарного производства и их использование в сельском хозяйстве / А. А. Славянский, Л. В. Кирейчева, Л. В. Пузанова // Сахар. – 2009.– № 10. – С. 48-49.

102. Сошников, В. К. Моделирование реологических свойств свекловичного жома, полученного с применением метода электротехнологии / Сошников В. К., Степанова Е. Г., Мунассар Е. Х. А. // Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Оборудование пищевых производств в XXI веке». – 2020. – С. 5-8.

103. Спичак, В. В. Эффективное использование вторичных ресурсов сахарного производства / В.В. Спичак // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 7. – С. 73-76.

104. Спичак, В. В. Современные направления использования и утилизации свекловичного жома / Спичак В. В., Вратский А. М. // Сахар. – 2011. – №. 9. – С. 60-64.

105. Степанова, Е. Г. Прессование свекловичного жома на центробежно-валковом прессе / Степанова Е. Г., Орлов Б. Ю. // Альманах мировой науки. – 2017. – №. 3-1. – С. 113-115.

106. Степанова Е. Г. и др. Исследование реологических свойств сырого свекловичного жома при механическом обезвоживании симплекс-методом // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности. – 2021. – С. 110-112.

107. Уланова, Д. Е. Влияние внесения отходов пищевой промышленности на функционирование агроценозов Центрального Черноземья / Уланова Д. Е., Житин Ю. И., Стекольников Н. В. // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – №. 4. – С. 27-33.

108. Федеральная служба государственной статистики [Электронный

ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/>.

109. Филипова, Л. В. Использование отходов свеклосахарного производства в кормлении сельскохозяйственных животных / Л.В. Филипова // Агро–Информ. – 2016. – №12 (218). – С.29-30.

110. Флейман, П. Е. Свекловичный жом и его использование / П.Е. Флейман – М.: ЦИНТИПП, 1984. – С. 20-37.

111. Чемеричко Г. И. и др. Модернизация рабочих органов шнекового пресса постоянного действия для отжима свекловичного жома // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов. – 2017. – С. 304-306.

112. Хавери, Х. А. Исследование работы горизонтального конусовидного шнекового пресса для обезвоживания жома сахарной свеклы // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2021. – №. 2 (42). – С. 137-144.

113. Харина, М. В. Особенности структуры и состава свекловичного жома и перспективы его переработки / Харина М. В., Васильева Л. М., Емельянов В. М. // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 24.

114. Яковчик Н. С., Карабань О.А. Свекловичный жом: вкусно и питательно. 2019.

115. Бородовицын, А.М. Совершенствование процесса сушки свекловичного жома перегретым паром для получения пектина : диссертация ... кандидата технических наук : 05.18.12 Воронеж 2020

116. Булатов, А.С. Разработка процесса прессового гранулирования мелкодисперсных сред на примере минеральных порошков и древесных отходов: автореф. ...канд. техн. наук. М., 2012. 25

117. Журавлев, М.В. Разработка ресурсосберегающей технологии извлечения сахарозы из свеклы с использованием термохимической обработки стружки : диссертация ... кандидата технических наук : 05.18.12 Воронеж 2016

118. Киселев, А.А. Совершенствование процесса гранулирования кормовых добавок с повышенным содержанием мелассы при производстве комби-

кормов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.18.12, 05.18.01 Воронеж 2016

119. Мануйлов, В. В. Совершенствование процессов производства и использования плющеного зерна в комбикормовом производстве : диссертация ... кандидата технических наук : 05.18.12, 05.18.01 Воронеж 2019

120. Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы (с изменениями на 21 декабря 2018 года), Постановление Правительства РФ от 25 августа 2017 года №996

121. Постановление Правительства РФ от 25 августа 2017 г. N 996 "Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017 - 2025 годы"

122. Редченко, М. А. Совершенствование процесса прессования свекловичного жома и получение из него пищевых волокон : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.18.12 Москва 2020

123. Семенихин, С. О. Совершенствование технологии извлечения сахара из свекловичной стружки : диссертация ... кандидата технических наук : 05.18.05 Краснодар 2015

124. AOAC International. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. AOAC Int., Gaithersburg, MD.

125. AOAC International. 2005. Official Method of Analysis of AOAC International Method 920.39, Fat (Crude) or Ether Extract in Animal Feed. AOAC International, Gaithersburg, MD.

126. AOAC International. 2007. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. Methods 925.10, 985.29, 991.42, 991.43, 993.19, 994.13, 996.01, 2001.03, 2002.01, 2002.02, 2009.01, and 2011.25. AOAC International, Gaithersburg, MD.

127. Arce O. N. et al. Effect of the harvest season on the chemical characteristics of the sugar beet pulp (*Beta vulgaris*) granulated. Technical note //Cuban Journal of Agricultural Science. – 2019. – Т. 53. – №. 1.

128. Andersson, V. Beet pulp drying using pressurized super-heated steam/

V. Andersson //Int.Sugar J.–1990.–V.108.– №1207.–P.340–344

129. Andersson, V. Beet pulp drying using pressurized superheated steam // Int. Sugar J. 1999. V. 101, N. 1207. P. 340 – 344.

130. Avrorov, V.A. A plant for mincing plastic material and other industrial wastes / V.V. Lovtseva, M.A. Poldyaeva, N.D. Tutov // Chemical and Petroleum Engineering. –2017. –, № 4. – P.1- 6.

131. Brooks, L. Biogas from sugar beet press pulp as substitute of fossil fuel in sugar beet factories / L. Brooks, V. Parravicini, K. Svoldal, H. Kroiss, L. Prendl // Water Sci Technol. – 2008. –№ 58 (7) –P. 1497–1504.

132. J. Burana-osot, N. Soonthornchareonnon, S. hosoyama, R. J. Linhard, T. oida. Partial depolymerization of pectin by a photochemical reaction. J. / J. Burana-osot, N. Soonthornchareonnon, S. hosoyama, R. J. Linhard, T. oida.- Carbohydrate Research 345 (2010). P. 1205-1210.

133. Beda M. Yapo. Pectic substances: From simple pectic polysaccharides to complex pectins-A new hypothetical model. J. Carbohydrate Polymers. / Beda M. Volume 86, Issue 2, 15 August 2011, Pages 373-385

134. Dyganova R. Ya., Zainasheva ZR Technology for processing beet pulp using a bioenergy installation // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after V.I. NE Bauman. – 2015. – T. 221. – No. one.

135. Eggleston, G. Future Sustainability of the Sugar and Sugar Ethanol industries / G/ Eggleston // American Chemical Society. –2010.

136. Ebrahimi, B. Investigation into Some Parameters Affecting Pectin Gel Quality / Ebrahimi, I. Alemzaden, S.K. Seifkordi // Scientialranica, 2005. - Vol.14, № 2. - P. 174-179.

137. Christian Fiil Nielsen. Pectin in stirred yoghurt - theory and praxis / Christian Fiil Nielsen.- AALBORG University. 2009. 112 p.

138. Grygorchuk G. V., Grygorchuk L. I., Rovinskij V. A. Оціночні характеристики процесу сушки жому // Methods and devices of quality control. – 2021. – №. 1 (46).

139. Giannouli, P., Richardson, R.K., Morris, E.R., 'Effect of polymeric

cosolutes on calcium pectinate gelation' 3 / Giannouli, P., Richardson, R.K., Morris, E.R.- Parts, Carbohydrate Polymers, 2004, 55.

140. Fiserova, M. Cellulose Chemistry and Technology/ M. Fiserova, J.Gigac, S. Bohacek. –2008. –№ 42. – P. 421-427

141. Habeeb A. A. M. et al. Using of sugar beet pulp by-product in farm animals feeding //Int. J. Sci. Res. Sci. Technol. – 2017. – T. 3. – C. 107-120.

142. Li M., Wang L.J., Li D., Cheng Y.L. et al. Preparation and characterization of cellulose nanofibers from de-pectinated sugar beet pulp // Carbohydrate Polymers. 2014. V. 102. P. 136–143. doi: 10.1016/j.carbpol.2013.11.021

143. Pulido R. et al. Effect of a homofermentative lactic acid bacteria additive on the quality of sugar-beet pulp silage and animal response of dairy cows with restricted access to pasture //Chilean journal of agricultural research. – 2020. – T. 80. – №. 2. – C. 234-240.

144. M. V. Marcon, P. I. B. Carneiro, C. Wosiacki, E. Beleski-Carneiro. Pectins from apple pomace-characterization by ¹³C and ¹H NMR spectroscopy / M. V. Marcon, P. I. B. Carneiro, C. Wosiacki, E. Beleski-Carneiro.- Ann. Magn. Reson. Vol. 4 (3), 2005. P. 56-63.

145. Mushtruk, M. Mathematical modeling of the oil extrusion process with pre-grinding of raw materials in a twin-screw extruder / M. Mushtruk, M. Gudzenko, I. Palamarchuk, V. Vasylyv, N. Slobodyanyuk, A. Kuts, O. Nychyk, O. Salavor, A. Bober // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Science/ – 2020. – vol. 14/ – p. 937-944.

146. Michael, A. Polymer Reviews/ A. Michael, Shashan Huoa, A.Chad//. – 2012. № 52, 3. –P. 259 -320.

147. Mohnen D. Pectin structure and biosynthesis. Current Opinion in Plant Biology / D. Mohnen.- 2008. 11: 266-267.

148. Mudoga H.L., Yucel H., Kincal N.S. Decolorization of sugar syrups using commercial and sugar beet pulp based activated carbons // Bioresource technology. 2008. V. 99. №. 9. P. 3528–3533. doi: 10.1016/j.biortech.2007.07.058

149. Oksman, K. Composites Science and Technology/ K. Oksman, M. Skrifvars, J.F. Selin//.-2003. –№ 63, 9. –. 1317-1324. 188. Wollerdorfer, M. / M. Wol-

lerdorfer, H.Bader// Industrial Crops and Products. –1998. –№ 8, 2. – P. 105-112.

150. Preparation and application of fodder vitamin additive choline chloride B4 on the basis of dried beet pulp in premix composition [Text] / Shevtsov A.A., Drannikov A.A., Derkanosova A.A., Borodovicyn A.M., Glebova I.V., Gurin A.G. // International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences. – 2017.№ 6(1), P. 217-226.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Российская Федерация
Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору
(РОССЕЛЬХОЗНАДЗОР)

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ
ВЕТЕРИНАРНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ»
(ФГБУ ЦНМВЛ)

Юридический адрес: 111622, РОССИЯ,
г. Москва, ул. Оранжерейная, 23,
тел./факс +7 (495) 700-01-37

Е-mail: cnmvil@cnmvil.ru, сайт: <http://cnmvil.ru>

Фактический адрес: 398037, РОССИЯ, Липецкая область,
Липецк, ул. Опытная, д. 1, 1 этаж, цокольный этаж,
тел.(факс): 8(4742) 79-73-65,

Е-mail: referent.tl@mail.ru

ЛИПЕЦКАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

Уникальный номер записи об аккредитации
в реестре аккредитованных лиц RA.RU.21ВЛ03

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель руководителя Липецкой
испытательной
лаборатории

 /А.Ю. Севостьянова
(подпись)

Дата 04.10.2021



Протокол испытаний № 2404.21.ЛВ от 04.10.2021

Наименование образца испытаний: Жом гранулированный (корм)
принадлежащего: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "АГРОПРОМЫШЛЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "АВРОРА", ИНН: 4825003761, 398002, Российская Федерация, Липецкая обл., г. Липецк, Тельмана ул., д. ДОМ 11
заказчик: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "АГРОПРОМЫШЛЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "АВРОРА", ИНН: 4825003761, 398002, Российская Федерация, Липецкая обл., г. Липецк, Тельмана ул., д. ДОМ 11
основание для проведения лабораторных исследований: производственный контроль
дата документа основания: 22.09.2021
место отбора проб: Российская Федерация, Липецкая обл., Липецкий район, село Боринское, улица Чайковского, дом 18 "А", 398510, АО "Агропромышленное объединение "Аврора" Структурное Подразделение "Боринский сахарный завод"
дата и время отбора проб: 22.09.2021 08:00
отбор проб произвел: Заместитель главного технолога Агафонова Л.Ю.
ИД, регламентирующий правила отбора: ГОСТ ISO 6497-2014 Корма. Отбор проб
масса партии: 5000 тонн
производство: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "АГРОПРОМЫШЛЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "АВРОРА", ИНН: 4825003761, 398002, Российская Федерация, Липецкая обл., г. Липецк, Тельмана ул., д. ДОМ 11, фактический адрес: Россия, Липецкая область, Липецкий район, село Боринское, улица Чайковского, дом 18 "А", 398510, Акционерное общество "Агропромышленное объединение "Аврора" Структурное Подразделение "Боринский сахарный завод"
дата изготовления: урожай 2021 г.
срок годности: рекомендуемый срок хранения сушеного жома - девять месяцев с даты изготовления (месяц, год)
сопроводительный документ: заявка на испытания б/н от 22.09.2021 г.
вид упаковки доставленного образца: п/эт пакет
состояние образца: целостность упаковки не нарушена
масса пробы: 2 килограмма
количество проб: 1 проба
дата поступления: 22.09.2021
даты проведения испытаний: 22.09.2021 - 29.09.2021
структурные подразделения, проводившие исследования: Химико-токсикологический отдел
фактический адрес места осуществления деятельности: 398037, РОССИЯ, Липецкая область, Липецк, ул. Опытная, д. 1, 1 этаж, цокольный этаж
примечание: условия доставки - автотранспорт
Результаты испытаний:

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытаний	Погрешность (определенность)	Норматив	ИД на метод испытаний
Показатели качества						
1	Массовая доля сырого протеина в сухом веществе	%	9,44	± 0,62	-	ГОСТ 34064-2019 - Корма, комбикорма, комбикормовые смеси. Метод определения содержания влаги в сырых кормовых компонентах, и 5
2	Массовая доля сырой клетчатки в сухом веществе	%	25,50	± 2,19	-	ГОСТ 31675-2012 - Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением проточной фильтрации, и 7

Протокол № 2404.21.ЛВ от 04.10.2021

Сгенерировано автоматизированной системой «Веста». Идентификатор документа: A9495BB5-9F19-439E-934C-FEA5C3116B88

3	Объемная влажность	МДж/кг	27,08	-	-	Методические указания по оценке качества и питательности кормов, утв. МСХ РФ от 17.06.02, ЦНИАО 2002
Физико-химические показатели						
4	Массовая доля сырого жира в пересчете на сухое вещество	%	0,41	± 0,39	-	ГОСТ 13496.15-2016 - Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира, п.9.1
8	Массовая доля сырой зольности в пересчете на сухое вещество	%	3,3	± 0,2	-	ГОСТ 26226-95 - Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой зольности, п.1

Примечание:

Этот протокол не может быть воспроизведен не в полном объеме без письменного разрешения руководителя/уполномоченного работника

Центральной испытательной лаборатории ФГБУ ЦНИАИ.

Информация об испытуемом(ых) образце (образцах), отборе и условиях транспортировки предоставлена заказчиком.

Центральная испытательная лаборатория не несет ответственности за информацию, предоставленную заказчиком.

При выполнении и проведении испытаний в помещениях лаборатории соблюдаются необходимые требования к условиям окружающей среды в соответствии с организационными документами.

Закононы, стандарты и согласован с применяемыми методами испытаний.

Результаты испытаний относятся только к образцам, прошедшим испытания.

Центральная испытательная лаборатория не несет ответственности за отбор и доставку образца (образцов).

Этот протокол не может быть использован в целях подтверждения соответствия.

Количество экземпляров настоящего протокола испытаний - 2: 1 экз. - для заказчика, 1 экз. - для испытательной лаборатории.

04.10.2021

Ответственный за оформление протокола: Когтева М.Ю.

Российская Федерация
Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору
(РОССЕЛЬХОЗНАДЗОР)

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ
ВETERИНАРНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ»
(ФГБУ ЦНМВЛ)

Юридический адрес: 111622, РОССИЯ,
г. Москва, ул. Оранжерейная, 23,
тел./факс: +7 (495) 700-01-37

E-mail: cnmv@cnmv.ru, сайт: <http://cnmv.ru>

Фактический адрес: 398037, РОССИЯ, Липецкая область,
Липецк, ул. Опытная, д.1, 1 этаж, цокольный этаж,
тел(факс): 8(4742) 79-73-65,

E-mail: referent.tl@mail.ru

ЛИПЕЦКАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

Уникальный номер записи об аккредитации
в реестре аккредитованных лиц RA.RU.21ВЛ03

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель руководителя Липецкой
испытательной
лаборатории

 /А.Ю. Севостьянова
(подпись)

Дата: 04.10.2021



Протокол испытаний № 2405.21ЛВ от 04.10.2021

Наименование образца испытаний: Жом после пресса глубокого отжима Babbini (корм)
принадлежащего: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "АГРОПРОМЫШЛЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "АВРОРА", ИНН: 4825003761, 398002, Российская Федерация, Липецкая обл., г. Липецк, Тельмана ул., д. ДОМ 11
заказчик: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "АГРОПРОМЫШЛЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "АВРОРА", ИНН: 4825003761, 398002, Российская Федерация, Липецкая обл., г. Липецк, Тельмана ул., д. ДОМ 11
основание для проведения лабораторных исследований: производственный контроль.
дата документа основания: 22.09.2021
место отбора проб: Российская Федерация, Липецкая обл., Липецкий район, село Боринское, улица Чайковского, дом 18 "А", 398510, АО "Агропромышленное объединение "Аврора" Структурное Подразделение "Боринский сахарный завод"
дата и время отбора проб: 22.09.2021 08:00
отбор проб произвел: Заместитель главного технолога Агафонова Л.Ю.
НД, регламентирующий правила отбора: ГОСТ ISO 6497-2014 Корма. Отбор проб
масса партии: 5000 тонн
производство: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "АГРОПРОМЫШЛЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "АВРОРА", ИНН: 4825003761, 398002, Российская Федерация, Липецкая обл., г. Липецк, Тельмана ул., д. ДОМ 11, фактический адрес: Россия, Липецкая область, Липецкий район, село Боринское, улица Чайковского, дом 18 "А", 398510, Акционерное общество "Агропромышленное объединение "Аврора" Структурное Подразделение "Боринский сахарный завод"
дата изготовления: 22.09.2021 г.
срок годности: 3 суток
сопроводительный документ: заявка на испытания б/н от 22.09.2021 г.
вид упаковки доставленного образца: п/эт пакет
состояние образца: целостность упаковки не нарушена
масса пробы: 2 килограмма
количество проб: 1 проба
дата поступления: 22.09.2021
даты проведения испытаний: 22.09.2021 - 29.09.2021
структурные подразделения, проводившие исследования: Химико-токсикологический отдел
фактический адрес места осуществления деятельности: 398037, РОССИЯ, Липецкая область, Липецк, ул. Опытная, д.1, 1 этаж, цокольный этаж
примечание: условия доставки - автотранспорт
Результаты испытаний:

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытаний	Погрешность (неопределенность)	Норматив	ИД на метод испытаний
Показатели качества						
1	Массовая доля сырого протеина в сухом веществе	%	9,95	± 0,60	-	ГОСТ 13496-4-2019 - Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания влаги и сырого протеина, п.8
2	Массовая доля сырой клетчатки в сухом веществе	%	22,75	± 2,06	-	ГОСТ 31675-2012 - Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации, п.7

Протокол № 2405.21ЛВ от 04.10.2021

Сгенерировано автоматизированной системой «Веста». Идентификатор документа: 8861E58C-353A-4279-B829-1E8C26C87447

Российская Федерация
Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору
(РОССЕЛЬХОЗНАДЗОР)

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ
ВЕТЕРИНАРНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ»
(ФГБУ ЦНМВЛ)

Юридический адрес: 11622, РОССИЯ,
г. Москва, ул. Оранжевая, 23,
тел./факс +7 (495) 700-01-37

E-mail: cnmv@cnmv.ru, сайт: <http://cnmv.ru>


Фактический адрес: 398037, РОССИЯ, Липецкая область,
Липецк, ул. Опытная, д. 1, 1 этаж, цокольный этаж,
тел(факс): 8(4742) 79-73-65,
E-mail: referent.tl@mail.ru

ЛИПЕЦКАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

Уникальный номер записи об аккредитации
в реестре аккредитованных лиц RA.RU.21ВЛ03

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель руководителя Липецкой
испытательной
лаборатории

 /А.Ю. Севостьянова
(подпись)

Дата 04.10.2021



Протокол испытаний № 2406.21.ЛВ от 04.10.2021

Наименование образца испытаний: Жом перед прессом глубокого отжима Babbini (корм)
принадлежащего: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "АГРОПРОМЫШЛЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "АВРОРА", ИНН: 4825003761, 398002, Российская Федерация, Липецкая обл., г. Липецк, Тельмана ул., д. ДОМ 11
заказчик: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "АГРОПРОМЫШЛЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "АВРОРА", ИНН: 4825003761, 398002, Российская Федерация, Липецкая обл., г. Липецк, Тельмана ул., д. ДОМ 11
основание для проведения лабораторных исследований: производственный контроль
дата документа основания: 22.09.2021
место отбора проб: Российская Федерация, Липецкая обл., Липецкий район, село Боринское, улица Чайковского, дом 18 "А", 398510, АО "Агропромышленное объединение "Аврора" Структурное Подразделение "Боринский сахарный завод"
дата и время отбора проб: 22.09.2021 08:00
отбор проб произвел: Заместитель главного технолога Агафонова Л.Ю.
НД, регламентирующий правила отбора: ГОСТ ISO 6497-2014 Корма. Отбор проб
масса партии: 5000 тонн
производство: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "АГРОПРОМЫШЛЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "АВРОРА", ИНН: 4825003761, 398002, Российская Федерация, Липецкая обл., г. Липецк, Тельмана ул., д. ДОМ 11, фактический адрес: Россия, Липецкая область, Липецкий район, село Боринское, улица Чайковского, дом 18 "А", 398510, Акционерное общество "Агропромышленное объединение "Аврора" Структурное Подразделение "Боринский сахарный завод"
дата изготовления: 22.09.2021 г.
срок годности: 3 суток
сопроводительный документ: заявка на испытания б/н от 22.09.2021 г.
вид упаковки доставленного образца: п/эт пакет
состояние образца: целостность упаковки не нарушена
масса пробы: 2 килограмма
количество проб: 1 проба
дата поступления: 22.09.2021
даты проведения испытаний: 22.09.2021 - 29.09.2021
структурные подразделения, проводившие исследования: Химико-токсикологический отдел
фактический адрес места осуществления деятельности: 398037, РОССИЯ, Липецкая область, Липецк, ул. Опытная, д. 1, 1 этаж, цокольный этаж
примечание: условия доставки - автотранспорт
Результаты испытаний:

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытаний	Погрешность (по определённости)	Норматив	ИД на метод испытаний
Показатели качества						
1	Массовая доля сырого протеина в сухом веществе	%	8,45	± 0,56	-	ГОСТ 13496.4-2018 - Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания влаги и сырого протеина, п. 8
2	Массовая доля сырой клетчатки в сухом веществе	%	16,43	± 1,74	-	ГОСТ 31675-2012 - Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением органического растворителя-фильтрации, п. 7

Протокол № 2406.21.ЛВ от 04.10.2021

Сгенерировано автоматизированной системой «Веста». Идентификатор документа: ASCA9E14-FEB9-40DF-8C58-1247918E02CD

3	Обменная энергия	МДж/кг	21,68	-	-	Методические указания по оценке качества и питательности кормов. утв. МСХ РФ от 17.06.02. ЦВНИАО 2002
Физико-химические показатели						
4	Массовая доля сырого жира в пересчете на сухое вещество	%	0,46	± 0,20	-	ГОСТ 13496.15-2016 - Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира, п.9.1
5	Массовая доля сырой зольности в пересчете на сухое вещество	%	5,2	± 0,2	-	ГОСТ 26216-95 - Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой зольности, п.1

Примечание:

Асслайт-протокол не может быть воспроизведен не в полном объеме без письменного разрешения руководителя/уполномоченного работника Государственной испытательной лаборатории ФГБУ ЦВНИАО.

Информация об испытуемом(ых) образце (образцах), отборе и условиях транспортировки предоставлена заказчиком.

Государственная испытательная лаборатория не несет ответственности за информацию, предоставленную заказчиком.

При подготовке и проведении испытаний в помещении лаборатории соблюдены необходимые требования к условиям окружающей среды в соответствии с нормативными документами.

Заказчик ознакомлен и согласен с применяемыми методами испытаний.

Результаты испытаний относятся только к образцам, прошедшим испытания.

Государственная испытательная лаборатория не несет ответственности за отбор и доставку образца (образцов).

Данный протокол не может быть использован в целях подтверждения соответствия.

Количество экземпляров настоящего протокола испытаний - 2: 1 экз. - для заказчика, 1 экз. - для испытательной лаборатории.

04.10.2021

Ответственный за оформление протокола: Когтева М.Ю.

Российская Федерация
Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору
(РОССЕЛЬХОЗНАДЗОР)

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ
ВЕТЕРИНАРНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ»
(ФГБУ ЦНМВЛ)

Юридический адрес: 111622, РОССИЯ, г.Москва, ул.Оранжевая, 23,
тел./факс: +7 (495) 700-01-37

Е-mail: cnmvl@cnmvl.ru, сайт: <http://cnmvl.ru>

Фактический адрес: 300045, РОССИЯ, Тульская область,
Тула, ул. Некрасова, д.1А,

тел(факс): 8(4872) 36-07-34, 8(4872) 36-26-51

Е-mail: tulavetlab@mail.ru, priemka_tulavetlab@mail.ru

ТУЛЬСКАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

Уникальный номер записи об аккредитации
в реестре аккредитованных лиц РОСС RU.0001.517637

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель руководителя Тульской
испытательной лаборатории

 /Маленкина Т.С.
(подпись)

Дата 05.10.2021



Протокол испытаний № 21.18161 ТВ от 05.10.2021

Наименование образца испытаний: Жом гранулированный (корм)
нормативный документ по которому произведен продукт: СТО 45379563-001-2019 "Жом свекловичный сырой"
принадлежащего: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "АГРОПРОМЫШЛЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "АВРОРА", ИНН: 4825003761, 398002, Российская Федерация, Липецкая обл., г. Липецк, Тельмана ул., д. ДОМ 11
заказчик: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "АГРОПРОМЫШЛЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "АВРОРА", ИНН: 4825003761, 398002, Российская Федерация, Липецкая обл., г. Липецк, Тельмана ул., д. ДОМ 11
основание для проведения лабораторных исследований: производственный контроль
дата документа основания: 22.09.2021
место отбора проб: Российская Федерация, Липецкая обл., Липецкий район, с. Боринское, ул. Чайковского, д. 18 "А", АПО "Аврора" структурное подразделение "Боринский сахарный завод"
дата и время отбора проб: 22.09.2021 08:00
отбор проб произвел: представитель заказчика - заместитель главного технолога Агафонова Л.Ю.
НД, регламентирующий правила отбора: ГОСТ ISO 6497-2014 Корма. Отбор проб
масса партии: 5000 тонн
производство: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "АГРОПРОМЫШЛЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "АВРОРА", ИНН: 4825003761, 398002, Российская Федерация, Липецкая обл., г. Липецк, Тельмана ул., д. ДОМ 11, Фактический адрес: АО "АПО "Аврора" СП "Боринский сахарный завод", Российская Федерация, Липецкая обл., Липецкий район, с. Боринское
дата изготовления: 2021 г.
срок годности: 9 мес.
сопроводительный документ: заявка на испытания б/н от 22.09.2021
вид упаковки доставленного образца: п/эт пакет
состояние образца: целостность упаковки не нарушена
масса пробы: 2 килограмма
количество проб: 1 проба
дата поступления: 22.09.2021
даты проведения испытаний: 22.09.2021 - 29.09.2021
структурные подразделения, проводившие исследования: отдел бактериологии
примечание: Нормативы приведены: Правила бактериологического исследования кормов, утв. ГУВ МСХ СССР 10.06.1975г.. Условия доставки образцов: автотранспорт
Результаты испытаний:

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытаний	Погрешность (неопределенность)	Норматив	НД на метод испытаний
Микробиологические показатели						
1	Бактерии рода Proteus	-	не обнаружены	-	-	Методика индикации бактерий рода «Протеус» в кормах животного происхождения. Утв. 21 мая 1981г.
2	Сальмонеллы	-	не обнаружены в 50 г	-	не допускаются в 50 г	Правила бактериологического исследования кормов, утв. ГУВ МСХ СССР 10.06.1975 г.
3	Токсинообразующие анаэробы	-	не обнаружены	-	не допускаются	Правила бактериологического исследования кормов, утв. ГУВ МСХ СССР 10.06.1975 г.
4	Энтеропатогенные типы кишечной палочки	-	не обнаружены	-	не допускаются	Правила бактериологического исследования кормов, утв. ГУВ МСХ СССР 10.06.1975 г.

Протокол № 21.18161 ТВ от 05.10.2021

Сгенерировано автоматизированной системой «Веста». Идентификатор документа: 2CC2047A-4426-4660-8246-25A0A0A502F9

Настоящий протокол не может быть воспроизведен не в полном объеме без письменного разрешения руководителя/ уполномоченного работника ТИЛ ФГБУ ЦНМВЛ.

При подготовке и проведении испытаний в помещении лаборатории соблюдены необходимые требования к условиям окружающей среды в соответствии с нормативными документами.

Результаты испытаний относятся только к образцу (образцам), прошедшим испытания.

Испытательная лаборатория не несет ответственности за отбор и доставку образца (образцов).

Информация об испытуемом(ых) образце (образцах), отборе и условиях транспортировки предоставлена заказчиком.

Тульская испытательная лаборатория не несет ответственности за информацию, предоставленную заказчиком.

Данный протокол испытаний не может быть применен в целях подтверждения соответствия.

Заказчик ознакомлен и согласен с применяемыми методами испытаний.

Количество экземпляров настоящего протокола испытаний - 2 : 1 экз. – для заказчика, 1 экз. - для испытательной лаборатории.

05.10.2021

Ответственный за оформление протокола: Колетвинова С.И.

Российская Федерация
 Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору
 (РОССЕЛЬХОЗНАДЗОР)
 Федеральное государственное бюджетное учреждение
 «ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ
 ВЕТЕРИНАРНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ»
 (ФГБУ ЦНМВЛ)
 Юридический адрес: 111622, РОССИЯ, г.Москва, ул.Оранжевая, 23,
 тел./факс: +7 (495) 700-01-37
 E-mail: cnmv1@cnmv1.ru, сайт: <http://cnmv1.ru>
 Фактический адрес: 300045, РОССИЯ, Тульская область,
 Тула, ул. Некрасова, д.1А,
 тел(факс): 8(4872) 36-07-34, 8(4872) 36-26-51
 E-mail: tulavetlab@mail.ru, priemka_tulavetlab@mail.ru
ТУЛЬСКАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
 Уникальный номер записи об аккредитации
 в реестре аккредитованных лиц РОСС RU.0001.517637

УТВЕРЖДАЮ
 Заместитель руководителя Тульской
 испытательной лаборатории

 Маленкина Т.С.
 (подпись)



Протокол испытаний № 21.18162 ТВ от 05.10.2021

Наименование образца испытаний: Жом после пресса глубокого отжима Babbini (корм)
нормативный документ по которому произведен продукт: СТО 45379563-001-2019 "Жом свекловичный сырой"
принадлежащего: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "АГРОПРОМЫШЛЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "АВРОРА", ИНН: 4825003761, 398002, Российская Федерация, Липецкая обл., г. Липецк, Тельмана ул., д. ДОМ 11
заказчик: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "АГРОПРОМЫШЛЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "АВРОРА", ИНН: 4825003761, 398002, Российская Федерация, Липецкая обл., г. Липецк, Тельмана ул., д. ДОМ 11
основание для проведения лабораторных исследований: производственный контроль
дата документа основания: 22.09.2021
место отбора проб: Российская Федерация, Липецкая обл., Липецкий район, с. Боринское, ул. Чайковского, д. 18 "А", АПО "Аврора" структурное подразделение "Боринский сахарный завод"
дата и время отбора проб: 22.09.2021 08:00
отбор проб произвел: представитель заказчика - заместитель главного технолога Агафонова Л.Ю.
ИД, регламентирующий правила отбора: ГОСТ ISO 6497-2014 Корма. Отбор проб
масса партии: 5000 тонн
производство: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "АГРОПРОМЫШЛЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "АВРОРА", ИНН: 4825003761, 398002, Российская Федерация, Липецкая обл., г. Липецк, Тельмана ул., д. ДОМ 11, Фактический адрес: АО "АПО "Аврора" СП "Боринский сахарный завод", Российская Федерация, Липецкая обл., Липецкий район, с. Боринское
дата изготовления: 22.09.2021 г.
срок годности: 3 суток
сопроводительный документ: заявка на испытания б/н от 22.09.2021
вид упаковки доставленного образца: п/эт пакет
состояние образца: целостность упаковки не нарушена
масса пробы: 2 килограмма
количество проб: 1 проба
дата поступления: 22.09.2021
даты проведения испытаний: 22.09.2021 - 29.09.2021
структурные подразделения, проводившие исследование: отдел бактериологии
примечание: Нормативы приведены: Правила бактериологического исследования кормов, утв. ГУВ МСХ СССР 10.06.1975г., Условия доставки образцов: автотранспорт
Результаты испытаний:

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытаний	Погрешность (погрешность)	Норматив	ИД на метод испытаний
Микробиологические показатели						
1	Бактерии рода Proteus	-	не обнаружены	-	-	Методика индикации бактерий рода «Протеус» в кормах животного происхождения. Утв. 21 мая 1981г.
2	Сальмонеллы	-	не обнаружены в 50 г	-	не допускаются в 50 г	Правила бактериологического исследования кормов, утв. ГУВ МСХ СССР 10.06.1975 г.
3	Токсинообразующие анаэробы	-	не обнаружены	-	не допускаются	Правила бактериологического исследования кормов, утв. ГУВ МСХ СССР 10.06.1975 г.
4	Энтеропатогенные типы кишечной палочки	-	не обнаружены	-	не допускаются	Правила бактериологического исследования кормов, утв. ГУВ МСХ СССР 10.06.1975 г.

Протокол № 21.18162 ТВ от 05.10.2021

Сгенерировано автоматизированной системой «Веста». Идентификатор документа: B696B8A0-7C00-4B4C-8AE2-421B6D7799D1

Настоящий протокол не может быть воспроизведен не в полном объеме без письменного разрешения руководителя/уполномоченного работника ТИЛ ФГБУ ЦНМВЛ.

При подготовке и проведении испытаний в помещении лаборатории соблюдены необходимые требования к условиям окружающей среды в соответствии с нормативными документами.

Результаты испытаний относятся только к образцу (образцам), прошедшим испытания.

Испытательная лаборатория не несет ответственности за отбор и доставку образца (образцов).

Информация об испытуемом(ых) образце (образцах), отборе и условиях транспортировки предоставлена заказчиком.

Тульская испытательная лаборатория не несет ответственности за информацию, предоставленную заказчиком.

Данный протокол испытаний не может быть применен в целях подтверждения соответствия.

Заказчик ознакомлен и согласен с применяемыми методами испытаний.

Количество экземпляров настоящего протокола испытаний - 2 : 1 экз. - для заказчика, 1 экз. - для испытательной лаборатории.

05.10.2021

Ответственный за оформление протокола: Колетвинова С.И.

Российская Федерация
 Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору
 (РОССЕЛЬХОЗНАДЗОР)
 Федеральное государственное бюджетное учреждение
 «ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ
 ВЕТЕРИНАРНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ»
 (ФГБУ ЦНМВЛ)
 Юридический адрес: 111622, РОССИЯ, г.Москва, ул.Оранжевая, 23,
 тел./факс: +7 (495) 700-01-37
 E-mail: cnmyl@cnmyl.ru, сайт: <http://cnmyl.ru>
 Фактический адрес: 300045, РОССИЯ, Тульская область,
 Тула, ул. Некрасова, д.1А,
 тел(факс): 8(4872) 36-07-34, 8(4872) 36-26-51
 E-mail: tulavetlab@mail.ru, priemka_tulavetlab@mail.ru
ТУЛЬСКАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
 Уникальный номер записи об аккредитации
 в реестре аккредитованных лиц РОСС RU.0001.517637

УТВЕРЖДАЮ
 Заместитель руководителя Тульской
 испытательной лаборатории

Маленкина Т.С.

(подпись)



Протокол испытаний № 21.18163 ТВ от 05.10.2021

Наименование образца испытаний: Жом перед прессом глубокого отжима Babbini (корм)
нормативный документ по которому произведен продукт: СТО 45379563-001-2019 "Жом свекловичный сырой" принадлежащего: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "АГРОПРОМЫШЛЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "АВРОРА", ИНН: 4825003761, 398002, Российская Федерация, Липецкая обл., г. Липецк, Тельмана ул., д. ДОМ 11
заказчик: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "АГРОПРОМЫШЛЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "АВРОРА", ИНН: 4825003761, 398002, Российская Федерация, Липецкая обл., г. Липецк, Тельмана ул., д. ДОМ 11
основание для проведения лабораторных исследований: производственный контроль
дата документа основания: 22.09.2021
место отбора проб: Российская Федерация, Липецкая обл., Липецкий район, с. Боринское, ул. Чайковского, д. 18 "А", АПО "Аврора" структурное подразделение "Боринский сахарный завод"
дата и время отбора проб: 22.09.2021 08:00
отбор проб произвел: представитель заказчика - заместитель главного технолога Агафонова Л.Ю.
НД, регламентирующий правила отбора: ГОСТ ISO 6497-2014 Корма. Отбор проб
масса партии: 5000 тонн
производство: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "АГРОПРОМЫШЛЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "АВРОРА", ИНН: 4825003761, 398002, Российская Федерация, Липецкая обл., г. Липецк, Тельмана ул., д. ДОМ 11, Фактический адрес: АО "АПО "Аврора" СП "Боринский сахарный завод", Российская Федерация, Липецкая обл., Липецкий район, с. Боринское
дата изготовления: 22.09.2021 г.
срок годности: 3 суток
сопроводительный документ: заявка на испытания б/н от 22.09.2021
вид упаковки доставленного образца: п/эт пакет
состояние образца: целостность упаковки не нарушена
масса пробы: 2 килограмма
количество проб: 1 проба
дата поступления: 22.09.2021
даты проведения испытаний: 22.09.2021 - 29.09.2021
структурные подразделения, проводившие исследования: отдел бактериологии
примечание: Нормативы приведены: Правила бактериологического исследования кормов, утв. ГУВ МСХ СССР 10.06.1975г.. Условия доставки образцов: автотранспорт
Результаты испытаний:

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытаний	Погрешность (поопределенность)	Норматив	ИД на метод испытаний
Микробиологические показатели						
1	Бактерии рода Proteus	-	не обнаружены	-	-	Методика индикации бактерий рода «Proteus» в кормах животного происхождения, Утв. 21 мая 1981г.
2	Сальмонеллы	-	не обнаружены в 50 г	-	не допускаются в 50 г	Правила бактериологического исследования кормов, утв. ГУВ МСХ СССР 10.06.1975 г.
3	Токсигенные анаэробы	-	не обнаружены	-	не допускаются	Правила бактериологического исследования кормов, утв. ГУВ МСХ СССР 10.06.1975 г.
4	Энтеропатогенные типы кишечной палочки	-	не обнаружены	-	не допускаются	Правила бактериологического исследования кормов, утв. ГУВ МСХ СССР 10.06.1975 г.

Протокол № 21.18163 ТВ от 05.10.2021

Сгенерировано автоматизированной системой «Веста». Идентификатор документа: 2B8405E3-BAF9-4FC0-9EAE-464BB9979FD2

Настоящий протокол не может быть воспроизведен не в полном объеме без письменного разрешения руководителя/уполномоченного работника ТИЛ ФГБУ ЦНИМВЛ.

При подготовке и проведении испытаний в помещении лаборатории соблюдены необходимые требования к условиям окружающей среды в соответствии с нормативными документами.

Результаты испытаний относятся только к образцу (образцам), прошедшим испытания.

Испытательная лаборатория не несет ответственности за отбор и доставку образца (образцов).

Информация об испытуемом(ых) образце (образцах), отборе и условиях транспортировки предоставлена заказчиком.

Тулская испытательная лаборатория не несет ответственности за информацию, предоставленную заказчиком.

Данный протокол испытаний не может быть применен в целях подтверждения соответствия.

Заказчик ознакомлен и согласен с применяемыми методами испытаний.

Количество экземпляров настоящего протокола испытаний - 2 : 1 экз. – для заказчика, 1 экз. - для испытательной лаборатории.

05.10.2021

Ответственный за оформление протокола: Колетвинова С.И.

Таблица – Выход жома в зависимости от концентрации сухих веществ прессованного жома и содержания мякоти с учётом потерь сухих веществ при прессовании

СВ жома, %	Содержание мякоти, %										
	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0
6	75,96	77,86	79,76	81,66	83,56	85,46	87,37	89,27	91,17	93,07	94,97
7	64,62	66,23	67,85	69,47	71,09	72,70	74,32	75,94	77,56	79,18	80,79
8	56,12	57,52	58,92	60,33	61,74	63,18	64,54	65,95	67,35	68,76	70,16
9	49,51	50,75	51,97	53,21	54,45	55,68	56,92	58,16	59,40	60,64	61,88
10	44,23	45,33	46,44	47,55	48,65	49,76	50,87	51,98	53,08	54,19	55,30
11	39,90	40,90	41,90	42,90	43,90	44,90	45,89	46,89	47,89	48,89	49,89
12	36,30	37,21	38,12	39,03	39,94	40,85	41,76	42,66	43,57	44,48	45,39
13	33,26	34,09	34,92	35,76	36,59	37,42	38,26	39,09	39,92	40,75	41,59
14	30,65	31,42	32,19	32,96	33,72	34,49	35,26	36,02	36,79	37,56	38,33
15	28,39	29,10	29,80	30,52	31,22	31,93	32,65	33,36	34,07	34,78	35,49
16	26,42	27,08	27,74	28,41	29,07	29,73	30,39	31,05	31,71	32,37	33,04
17	24,68	25,30	25,92	26,54	27,15	27,77	28,39	29,01	29,63	30,24	30,86
18	23,14	23,72	24,30	24,87	25,45	26,03	26,61	27,19	27,77	28,35	28,93
19	21,75	22,30	22,84	23,39	23,93	24,48	25,02	25,56	26,11	26,65	27,20
20	20,51	21,02	21,54	22,05	22,56	23,08	23,59	24,10	24,62	25,13	25,64
21	19,41	19,89	20,38	20,86	21,34	21,83	22,31	22,79	23,28	23,76	24,24
22	18,45	18,90	19,36	19,81	20,26	20,72	21,17	21,62	22,08	22,53	22,98
23	17,61	18,04	18,48	18,91	19,34	19,78	20,21	20,64	21,08	21,51	21,94
24	16,89	17,30	17,72	18,13	18,54	18,96	19,37	19,78	20,20	20,61	21,02
25	16,27	16,66	17,06	17,45	17,84	18,24	18,63	19,02	19,42	19,81	20,20
26	15,73	16,11	16,49	16,87	17,24	17,63	18,00	18,38	18,76	19,14	19,51
27	15,27	15,64	16,01	16,38	16,74	17,12	17,48	17,85	18,22	18,59	18,95
28	14,87	15,23	15,59	15,95	16,30	16,67	17,02	17,38	17,74	18,10	18,45
29	14,51	14,86	15,22	15,57	15,92	16,28	16,63	16,98	17,34	17,69	18,04
30	14,19	14,54	14,89	15,24	15,58	15,94	16,28	16,63	16,98	17,33	17,67



Евразийская технологическая
платформа
«Технологии пищевой
и перерабатывающей
промышленности АПК-
продукты здорового питания
(Ассоциация «ТППП АПК»)



14 | Воронеж
мая | 2021 г.

ДИПЛОМ

НАГРАЖДАЕТСЯ

Зобова Светлана Николаевна
Остриков Александр Николаевич

НОЦ «Энергоресурс»

За исследование влияния
технологических режимов на изменение
состава свекловичного жома при его
переработке

За участие в выставке
X Агропромышленного
конгресса

Директор



Журавлев А.В.

EST. 1930



ВГУИТ

ДИПЛОМ
за участие

в VI Международной выставке изобретений и инноваций
имени Н.Г. Славянова

ЗОБОВА СВЕТЛАНА НИКОЛАЕВНА
(ФИО)

ОАО БОРИНСКИЙ САХАРНЫЙ ЗАВОД

Проректор по УР, проф.



Василенко В.Н.

Приказ ФГБОУ ВО "ВГУИТ"
№ 254 от 26.10.2021 г.



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

БЛАГОДАРНОСТЬ

ЗОБОВОЙ
Светлане Николаевне

*- директору структурного подразделения
«Боринский сахарный завод» открытого акционерного
общества «Агропромышленное объединение «Аврора»»,
Липецкий район Липецкой области*

**За многолетний добросовестный труд
в системе агропромышленного комплекса
и в связи с профессиональным праздником
– Днем работника сельского хозяйства
и перерабатывающей промышленности**

Заместитель
Министра

П.В. Семенов

Приказ
Минсельхоза России
от 17 сентября 2014 г. № 1407-п





БЛАГОДАРСТВЕННОЕ ПИСЬМО

ЗОБОВОЙ СВЕТЛАНЕ НИКОЛАЕВНЕ-
*директору Боринского сахзавода ОАО «Аврора»,
Липецкий муниципальный район
Липецкой области*

*Областной Совет депутатов и администрация области
сердечно поздравляют Вас с профессиональным праздником –
Днём работников сельского хозяйства и перерабатывающей
промышленности.*

*Вы внесли большой вклад в развитие агропромышленного
комплекса Липецкой области. Благодаря Вашей преданности
любимому делу, высокому профессионализму, наша область
достойно встречает этот праздник.*

*От всей души желаем Вам крепкого здоровья, благополучия,
дальнейших достижений в Вашем благородном труде.*

Председатель областного
Совета депутатов


П.И. Путилин



Глава администрации
Липецкой области


О.П. Королев

Липецк 2011г.



БЛАГОДАРСТВЕННОЕ ПИСЬМО

**ЗОБОВОЙ
СВЕТЛАНЕ НИКОЛАЕВНЕ –**

*директору подразделения Боринского сахарного
завода ОАО агропромышленного объединения «Аврора»
Липецкого муниципального района*

*За многолетний добросовестный труд в
системе агропромышленного комплекса и в связи с
профессиональным праздником – Днём работника
сельского хозяйства и перерабатывающей
промышленности.*

Председатель областного
Совета депутатов

Н.И. Путьлин



г.Липецк
2012 г.

Глава администрации
Липецкой области

О.П. Королёв



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПОЧЕТНАЯ ГРАМОТА

НАГРАЖДАЕТСЯ

ЗОБОВА

Светлана Николаевна

*- директор свеклосахарного производства акционерного общества «Агропромышленное объединение «Аврора»,
Липецкий район Липецкой области*

**За многолетний добросовестный труд
в системе агропромышленного комплекса
и в связи с профессиональным праздником –
Днем работника сельского хозяйства
и перерабатывающей промышленности**

Заместитель
Министра



Е.В. Громыко

Приказ
Минсельхоза России
от 26 сентября 2016 г. № 1531/н





ПОЧЕТНАЯ ГРАМОТА НАГРАЖДАЕТСЯ

**ЗОБОВА
СВЕТЛАНА НИКОЛАЕВНА**

*главный технолог ОАО АПО "Аврора" –
подразделение Боринский сахарный завод
за многолетний добросовестный труд в системе
агропромышленного комплекса района
и в связи с профессиональным праздником
– Днем работника сельского хозяйства
и перерабатывающей промышленности*

Председатель Липецкого районного Совета депутатов , глава администрации Липецкого муниципального района

А.И. Егоров

А.И. Егоров

А.А. Коростелев

А.А. Коростелев

2007 год

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер
СП «Боринский сахарный завод»
АО «АПО «Аврора»

«31» октября 2021 г.

Пастухов В.В.

А К Т

производственной апробации и промышленного производства прессованного жома при переменных кинематических режимов работы пресса глубокого отжима

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»: профессор кафедры ТЖ,ПАХПП, доктор техн. наук Фролова Л. Н., доцент кафедры ТЖ,ПАХПП, канд. техн. наук Копылов М.В. и экстерн кафедры ТЖ,ПАХПП Зобова С.Н. и СП «Боринского сахарного завода» АО «АПО «Аврора»: заместитель главного инженера Быковский В.В., инженер по качеству и безопасности продукции Громова Е.Н. составили настоящий акт в том, что в период с 23.10.2021 г. по 30.10.2021 гг. была проведена производственная апробация технологии прессованного жома при переменных кинематических режимов работы пресса глубокого отжима, разработанных экспертом кафедры ТЖ,ПАХПП Зобовой С.Н.

Технологические режимы процессов отжима, сушки и гранулирования свекловичного жома приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технологические режимы процессов отжима, сушки и гранулирования свекловичного жома

Показатель	Значение
Содержание сухих веществ в жоме поступающем на пресс, % жома	8,0-12,0
отжатом	24,0-32,0
сушеном	87,0-89,0
Массовая доля влаги в гранулированном жоме, % жома	11,0-13,0
Массовая доля сахарозы в гранулированном жоме, % к м.св.	5,0-7,0
Размер гранул, мм	
диаметр, мм	10,0
длина, мм	15-50
Количество выработанного гранулированного жома, т/ч	4,5-8,0
Температура, °С	
жома, поступающего в пресс	50
гранул после гранулятора	70,0-80,0
гранул после охладителя	20,0-25,0
сушеного жома в выгрузочной камере	80,0-100,0
рН жомопрессовой воды	5,5
Количество мезги в жомопрессовой воде, г/литр	3,0 – 4,0

Проведенные производственная апробация и промышленное производство прессованного жома при работе пресса в оптимальном режиме работы за счет частотного преобразователя позволили выявить выход жома в зависимости от концентрации сухих веществ прессованного жома.

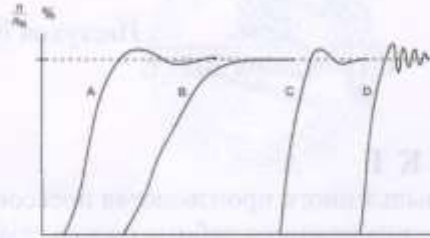


Рис. 1 – Влияние ступенчатого регулирования скорости на темп увеличения давления в прессе: А – недостаточный темп; В – автонастройка; С – ручной режим работы; D – чрезмерный темп

Система управления позволяет использовать 15 скоростей вращения шнеков, а регулятор скорости вращения шнеков учитывает значение механической нагрузки и момент инерции двигателя (рис. 1).

На рис. 2 представлены различные режимы работы системы при ступенчатом изменении величины задания скорости (от 1 % до 20 %). При этом регулятор скорости вращения шнеков учитывал величину механической нагрузки и момент инерции двигателя, что позволило обеспечить большую степень отжима жома.

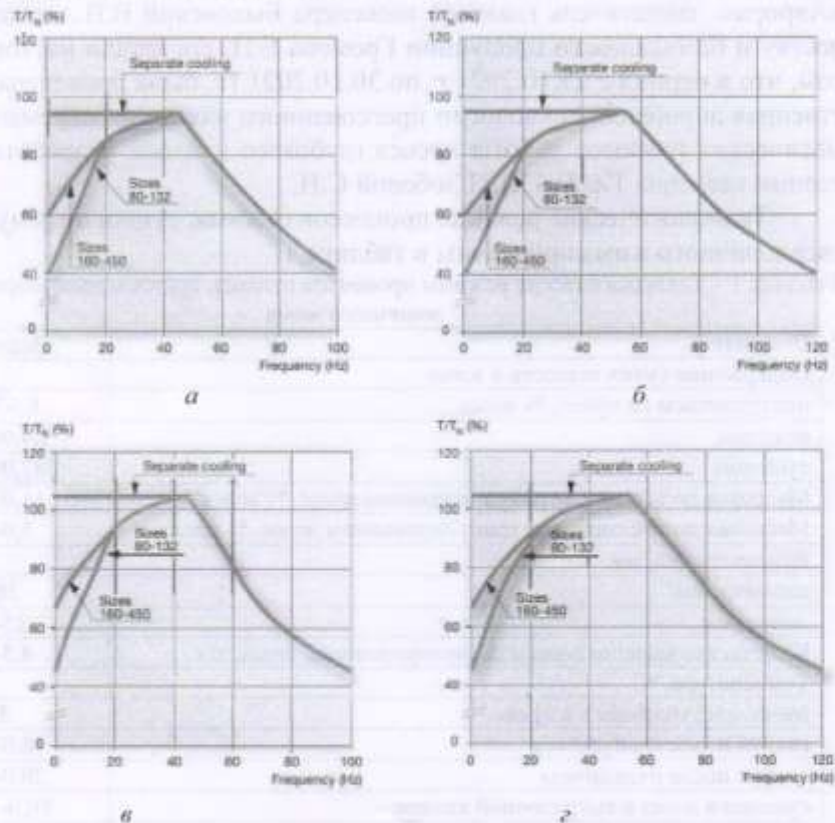


Рисунок 2 – Рациональные режимы работы пресса глубокого отжима при ступенчатом изменении величины задания скорости

Показатели качества и физико-химические показатели свекловичного жома приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели качества и физико-химические показатели свекловичного жома

Наименование показателей	Показатели качества и физико-химические показатели свекловичного жома		
	перед прессом глубокого отжима	после пресса глубокого отжима	гранулированного жома
Показатели качества			
Массовая доля сырого протеина в сухом веществе, %	8,45± 0,56	9,95± 0,60	9,44± 0,62
Массовая доля сырой клетчатки в сухом веществе, %	16,43± 1,74	22,75± 2,06	25,50± 2,19
Обменная энергия, МДж/кг	21,68	25,38	27,08
Физико-химические показатели			
Массовая доля сырого жира в сухом веществе, %	0,46± 0,39	0,57± 0,40	0,41± 0,39
Массовая доля сырой золы в пересчете на сухое вещество, %	5,2± 0,2	4,5± 0,2	3,3± 0,2

Проведенные микробиологические исследования по следующим показателям: бактерии рода *Proteus*, сальмонеллы, токсинообразующие анаэробы и энтеропатогенные типы кишечной палочки, показали их полное отсутствие во всех трех пробах жома.

Таким образом, выявлена динамика изменения физико-химических и микробиологических показателей свекловичного жома в процессе прессования и гранулирования, свидетельствующая об увеличении сырого протеина, сырого жира и обменной энергии. Анализ микробиологических показателей позволил установить отсутствие патогенной микрофлоры.

Результаты исследований химического состава сырого, прессованного и сушеного свекловичного жома представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав сырого, прессованного и сушеного свекловичного жома

Наименование показателя	Показатели		
	сырого свекловичного жома	прессованного жома	сушеного
Сухие вещества, %	6,0-9,0	14,0-20,0	87,0-86,0
Вода, %	91,0-94,0	80,0-86,0	13,0-14,0
Сырой протеин, %	1,2-1,5	1,7-1,9	7,9
Сырая клетчатка, %	3,5-4,5	5,0-7,0	17,6
Безазотистые экстрактивные вещества, %	4,3-6,0	8,5-10,0	61,2
Жир, %	0,4-0,7	0,6-0,9	0,5
Зола, %	0,6-1,0	1,1-1,4	3,7
Кормовая единица* в 100 кг корма	6-9	15-20	0,85
Обменная энергия, МДж	0,73	1,88	

*Единица измерения и сравнения питательности кормов, равная питательности 1 кг овса.

Производственная апробация и производство прессованного жома при переменных кинематических режимах работы пресса глубокого отжима позволила установить следующее:

– сокращение энергозатрат на 12-14 % при производстве гранулированного свекловичного жома за счет получения прессованного жома с более низким содержанием влаги, на испарение которой затрачивается меньше тепловой энергии в сушилке;

– повышение энергетической эффективности и эксплуатационной надежности работы линии.


Экономическая эффективность в 2021 г. составила 219 150 000 руб.

Представители СП «Боринский сахарный завода» АО «АПО «Аврора»:

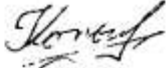
Заместитель главного инженера  Быковский В.В.

Инженер по качеству и безопасности продукции  Громова Е.Н.


Представители ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»:
профессор кафедры ТЖ,ПАХПП,
доктор техн. наук

 Фролова Л. Н.

доцент кафедры ТЖ,ПАХПП,
канд. техн. наук

 Копылов М.В.

Экстерн кафедры ТЖ,ПАХПП

 Зобова С.Н.

« 31 » _____ 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер

СП «Хмелинецкий сахарный завод»

АО «АПО «Аврора»

Салий Н.В.

«13» ноября 2021 г.



А К Т

производственной апробации и промышленного производства прессованного жома при переменных кинематических режимов работы пресса глубокого отжима

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»: профессор кафедры ТЖ,ПАХПП, доктор техн. наук Фролова Л. Н., доцент кафедры ТЖ,ПАХПП, канд. техн. наук Копылов М.В. и экстерн кафедры ТЖ,ПАХПП Зобова С.Н. и СП «Хмелинецкого сахарного завода» АО «АПО «Аврора»: главный механик Пашенцев Д.В., главный технолог Якунина О.Б. составили настоящий акт в том, что в период с 05.11.2021 г. по 12.11.2021 гг. была проведена производственная апробация технологии прессования свекловичного жома при переменных кинематических режимах работы пресса глубокого отжима, разработанных экстерном кафедры ТЖ,ПАХПП Зобовой С.Н..

Технологические режимы процессов отжима свекловичного жома приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технологические режимы процессов отжима свекловичного жома

Показатель	Значение
Содержание сухих веществ в жоме поступающем на пресс, % жома	8,0-12,0
отжатом	20,0-30,0
сушеном	87,0-89,0
Температура, °С	
жома, поступающего в пресс	50
гранул после гранулятора	70,0-80,0

Проведенная апробация технологии прессования жома при переменных кинематических режимах работы пресса глубокого отжима за счет частотного преобразователя позволили выявить выход жома в зависимости от концентрации сухих веществ прессованного жома.

Прессованный свекловичный жом имел следующие показатели качества: массовая доля сырого протеина в сухом веществе – $9,05 \pm 0,60$ %; массовая доля сырой клетчатки в сухом веществе – $21,05 \pm 2,06$ %; массовая до-

ля сырого жира в сухом веществе – $0,49 \pm 0,40$ %; массовая доля сырой золы в пересчете на сухое вещество – $4,7 \pm 0,2$ %. Полученная динамика изменения физико-химических показателей свекловичного жома в процессе прессования свидетельствует об увеличении сырого протеина, сырого жира и обменной энергии.

Проведенные микробиологические исследования показали полное отсутствие в жоме патогенной микрофлоры (бактерий рода *Proteus*, сальмонселл, токсинообразующих анаэробов и энтеропатогенных типов кишечной палочки).

Производственная апробация и производство прессованного жома при перемешанных кинематических режимах работы пресса глубокого отжима показала снижение энергозатрат на 10-12 % за счет получения прессованного жома с более низким содержанием влаги, на испарение которой затрачивается меньше тепловой энергии в сушилке;


Экономическая эффективность в 2021 г. составила 338 220 000 руб.

Представители СП «Хмелинецкий сахарный завод» АО «АПО «Аврора»:

Главный механик  Пашенцев Д.В.

Главный технолог  Якунина О.Б.

Представители ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»:
профессор кафедры ТЖ, ПАХПП,
доктор техн. наук

 Фролова Л. Н.

доцент кафедры ТЖ, ПАХПП,
канд. техн. наук

 Копылов М.В.

Экстерн кафедры ТЖ, ПАХПП

 Зобова С.Н.

« 5 » 11 2021 г.