

УДК 631:362.7

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСТАНОВОК ДЛЯ СУШКИ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА

Артемьев В.В., магистрант,

тел. +79279842587, sergeysut@mail.ru

Агеев П.С., кандидат технических наук, старший преподаватель,

тел. +79279842587, sergeysut@mail.ru

Сутягин С.А., кандидат технических наук, доцент,

тел. +79279842587, sergeysut@mail.ru

Павлушин А.А., доктор технических наук, профессор,

тел. +79050359200, andrejpavlu@yandex.ru

Курдюмов В.И., доктор технических наук, профессор,

тел. +79279842587, sergeysut@mail.ru

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Ключевые слова: *свекловичный жом, контактная сушка свекловичного жома, сравнительный анализ, качество сушки свекловичного жома.*

В статье изложены результаты сравнительного анализа установок для сушки свекловичного жома, выявлены основные их недостатки. На основе сравнительного анализа предложена новая конструкция сушилки свекловичного жома, в которой реализован механический отжим влаги и электроконтактный подвод теплоты высушиваемому материалу.

Введение. Сахарные заводы за сезон перерабатывают свыше 25 млн.т. сахарной свёклы. После переработки сахарной свёклы более 60 % от этого объёма на заводах получают сырой свекловичный жом. Технология переработки сырого свекловичного жома включает процессы его отжима, сушки, гранулирования и др. Востребованность сушёного свекловичного жома как корма для сельскохозяйственных животных с каждым годом растёт из-за его питательной ценности [1, 2]. Сушка свекловичного жома является одним из наиболее

энергозатратных процессов. Это связано с тем, что влажность свекловичного жома может превышать 75 % и для доведения свекловичного жома до сухого состояния применяют высокоомощные отжимные прессы и сушильные агрегаты, в которых циклы отжима, нагрева и охлаждения повторяют несколько раз.

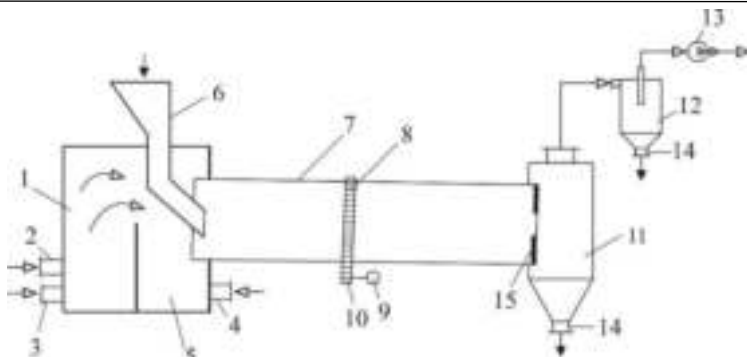
Материалы и методы исследований. Существующие сушилки свекловичного жома можно классифицировать по ряду признаков (рисунок 1).



Рис. 1 – Классификация сушилок свекловичного жома

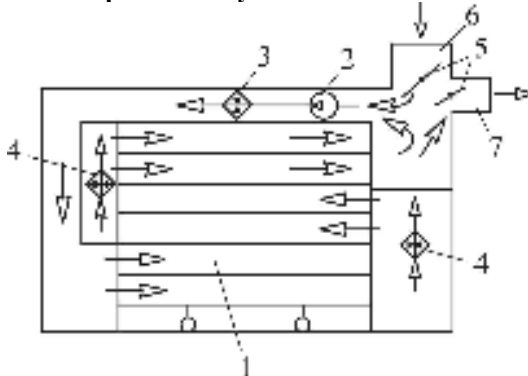
Для сушки свекловичного жома в АПК часто используют барабанные сушилки (рисунок 2).

Барабанные сушилки свекловичного жома обеспечивают пропускную способность от 1 т/ч, при температуре сушильного агента 250°C снижают влажность жома за один пропуск до 5...7 % [2, 9]. Барабанные сушилки свекловичного жома имеют ряд недостатков: удельный расход энергии превышает 6,3 МДж на 1 кг испаренной влаги, слои свекловичного жома после сушки имеют неоднородную влажность, которая часто не соответствует агротехническим требованиям, а также такие средства механизации имеют сложную конструкцию, высокие затраты на техническое обслуживание и ремонт.



1 – печь для сжигания топлива; 2 – трубопровод для подачи топлива; 3 и 4 – патрубки для подачи воздуха; 5 – камера для получения горючей смеси; 6 – патрубков для загрузки исходного материала; 7 – барабан; 8 – колесо для вращения барабана; 9 – привод барабана; 10 – соединительная передача; 11 – емкость для выгрузки жома; 12 – циклон; 13 – насос вакуумный; 14 – заслонка; 15 – опорное кольцо

Рис. 2 – Схема барабанной сушилки свекловичного жома



1 – полки для размещения исходного сырья; 2 – воздушный насос; 3, 4 – нагреватели воздушного потока; 5 – заслонки для регулировки направления воздушных потоков; 6 – патрубок для подачи атмосферного воздуха; 7 – патрубок для удаления отработанного воздуха из сушилки

Рис. 3 – Схема камерной сушилки высоковлажных материалов

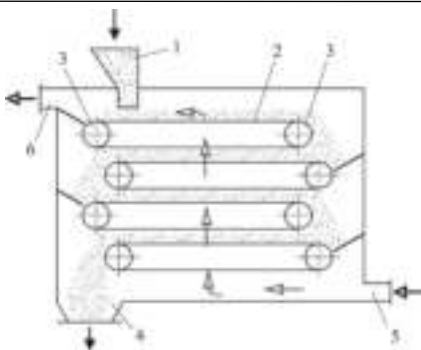
Для сушки свекловичного жома разработаны установки камерного типа (рисунок 3).

Камерные сушилки высоковлажных материалов имеют простую конструкцию, в таких установках отсутствуют активные рабочие органы, что исключает травмирование обрабатываемого материала. К недостаткам камерных сушилок можно отнести периодический цикл их работы.

Оператору необходимо равномерно разложить свекловичный жом на полках в каждой камере, затем включить нагревательные элементы в сушилке. Цикл нагрева и сушки в камерной сушилке происходит в течении нескольких часов. После цикла сушки оператор достаёт нагретый свекловичный жом из установки и перекладывает его на сетчатые решётки для охлаждения. Поэтому камерные сушилки имеют низкую пропускную способность и высокие затраты труда. В зависимости от габаритных размеров камерных сушилок их пропускная способность может варьироваться от 50 кг/ч до 500 кг/ч [1, 9]. К недостаткам камерных сушилок также можно отнести не равномерное распределение агента сушки по площади рабочей камеры. Это приводит к значительному перепаду температуры в слоях высушиваемого материала и требуется дополнительная подача теплоты к свекловичному жому. Поэтому в камерных сушилках удельный расход энергии превышает 7,2 МДж на 1 кг испаренной влаги.

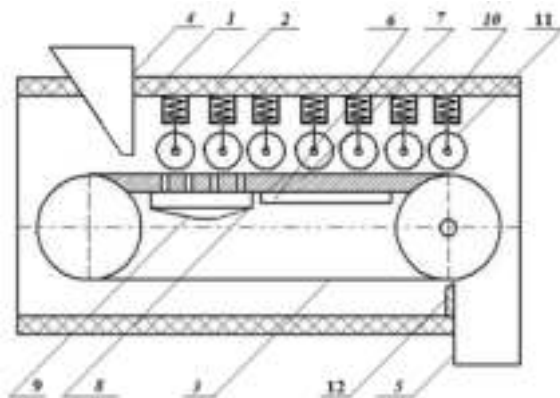
Для сушки свекловичного жома также применяют установки ленточного типа (рисунок 4).

Ленточно-ярусные сушилки предназначены для сушки высоковлажных материалов. За счёт непрерывного режима работы такие сушилки обеспечивают высокую пропускную способность, которая может превышать 2,5 т/ч. Ленточно-ярусные сушилки обеспечивают разовый влагосъём до 6...8 % за счёт частичного перемешивания слоев обрабатываемого материала при падении жома с верхнего транспортёра на нижнюю ленту. К основным недостаткам ленточно-ярусных сушилок относят сложность конструкции, высокую удельную металлоёмкость, не равномерное распределение свекловичного жома по ширине ленты, а также высокий удельный расход энергии – свыше 8,4 МДж на 1 кг испаренной влаги.



1 – патрубок для загрузки исходного материала; 2 – ленточные транспортёры; 3 – приводные барабаны ленточного транспортёра; 4 – патрубок для выгрузки жома после сушки; 5 – патрубок для подачи нагретого воздуха; 6 – патрубок для удаления отработанного воздуха из сушилки

Рис. 4 – Схема ленточно-ярусной сушилки свекловичного жома



1 – рабочая камера; 2 – теплоизоляция рабочей камеры; 3 – ленточный транспортёр; 4 – патрубок для загрузки исходного материала; 5 – выгрузной патрубок; 6 – нагреватель; 7 – пластина; 8 – ёмкость для сбора отжатой жидкости из жома; 9 – патрубок сливной; 10 – подпружиненные стойки; 11 – валы; 12 – отсекатель

Рис. 5 – Предложенная конструкция сушилки свекловичного жома

Результаты исследований и их обсуждение.

В результате сравнительного анализа существующих сушилок свекловичного жома установлены их основные недостатки. Для устранения этих недостатков нами предложена конструкция сушилки непрерывного типа с механическим отжимом влаги из свекловичного жома и электроконтактным подводом теплоты высушиваемому материалу (рисунок 4) [3 - 8].

Предложенная сушилка свекловичного жома работает следующим образом. Включают нагреватель 6 пластины 7 и ленточный транспортёр 3. Лента транспортёра двигаясь по пластине 7 равномерно нагревается от нее. После достижения заданной температуры ленты загружают свекловичный жом в патрубок 4, откуда его захватывает нагретая лента транспортёра 3 и перемещает в сторону выгрузного патрубка 5. При движении свекловичный жом встречается с валами 11, а затем проходит в зазоре между ними и лентой над перфорацией пластины 7. Валы 11, установленные на подпружиненных стойках 10, давят на свекловичный жом, выжимая из него влагу, которая через перфорацию в гибкой ленте и перфорация пластины 7 поступает в ёмкость 8. Из ёмкости 8 выделившаяся влага сливается через сливной патрубок 9. Свекловичный жом за счёт контакта с нагретой гибкой перфорированной лентой также нагревается, и из него испаряется влага в виде пара. При дальнейшем движении свекловичный жом продолжают поджимать к нагретой гибкой перфорированной ленте валы 11, установленные на подпружиненных стойках 10, улучшая контакт с ней. При этом свекловичный жом равномерно нагревается и высыхает. Затем сухой свекловичный жом встречается с отсекателем 12. Отсекатель 12 отделяет от ленты транспортёра 7 свекловичный жом и он сыпается из устройства через выгрузной патрубок 5.

Предложенная конструкция сушилки свекловичного жома имеет простую конструкцию, за счёт давления прижимных валов свекловичный жом равномерно распределяется по ширине ленты. В предложенной сушилке реализовано сочетание механического удаления влаги путём отжима от прижимных валов и тепловой сушки, за счёт контакта свекловичного жома с нагретой лентой. Поэтому в предложенная конструкция, по сравнению с ленточно-ярусной сушилкой, позволяет качественно высушить свекловичный жом за один

пропуск его через установку. Удельный расход энергии предложенной сушилки свекловичного жома составляет 4,2 МДж на 1 кг испаренной влаги, что в 1,5...2 раза меньше по сравнению с серийно выпускаемыми средствами механизации.

Заключение. Таким образом, в результате сравнительного анализа сушилок свекловичного жома установлено, что существующие средства механизации имеют ряд существенных недостатков: сложность конструкции, высокие затраты труда на выполнение технологического процесса сушки, низкое качество сушки свекловичного жома, высокий удельный расход энергии на удаление влаги и др. На основе анализа существующих сушилок нами предложена новая конструкция сушилки свекловичного жома, в которой реализован механический отжим влаги из жома и электроконтактный подвод теплоты высушиваемому материалу. Предложенная конструкция сушилки свекловичного жома позволяет с заданной пропускной способностью качественно высушить свекловичный жом при минимальном удельном расходе энергии 4,2 МДж на 1 кг испаренной влаги.

Библиографический список:

1. Pavlushin, A. Research of a machine with a belt conveyor for drying grain / A. Pavlushin, S. Sutyagin, G. Karpenko, V. Artemiev // E3S Web of Conferences. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2020). 2020. P. 01071.

2. Кухарев, О. Н. Анализ способов сушки сельскохозяйственных культур / О. Н. Кухарев, И. Н. Семов, Н. К. Тимргазин // Образование, наука, практика: инновационный аспект: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки, Пенза, 05–06 февраля 2015 года / ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия». – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. – С. 9-11.

3. Патент 198590 Российской Федерации, МПК А23В 9/00. Устройство для сушки свекловичного жома / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин, В.В. Артемьев; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина». - № 2020109629; заявл. 04.03.2020; опубли. 17.07.2020.

4. Патент 198591 Российской Федерации, МПК А23В 7/00, А23В 7/02, F26В 11/04. Устройство для сушки свекловичного жома / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин [и др.]; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина». - № 2020109627; заявл. 04.03.2020; опубли. 17.07.2020.

5. Патент 198806 Российской Федерации, МПК А23N 17/00, F26В 17/28. Устройство для сушки свекловичного жома / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин [и др.]; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина». - № 2020109632; заявл. 04.03.2020; опубли. 29.07.2020.

6. Патент 2728598 Российской Федерации, МПК А23В 9/08, F26В 17/02. Устройство для сушки свекловичного жома / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин [и др.]; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина». - № 2020109157; заявл. 28.02.2020; опубли. 30.07.2020.

7. Патент 199358 Российской Федерации, МПК А23В 9/08. Устройство для сушки свекловичного жома / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин [и др.]; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина». - № 2020109633; заявл. 04.03.2020; опубли. 28.08.2020.

8. Патент 2734949 Российской Федерации, МПК А23В 7/00, F26В 11/00. Устройство для сушки свекловичного жома / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин, В.В. Артемьев; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский

государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина». - № 2020108723; заявл. 27.02.2020; опубл. 26.10.2020.

9. Sutyagin, S. Features of heat treatment of grain in dryers of the contact type / S. Sutyagin, A. Pavlushin, P. Ageyev // E3S Web of Conferences. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2019). 2019. P. 00045.

COMPARATIVE ANALYSIS OF INSTALLATIONS FOR DRYING BEET PULP

**Artemiev V.V., Ageev P.S., Sutyagin S.A., Pavlushin A.A., Kurdyumov
V.I.**

***Key words:** beet pulp, contact drying of beet pulp, comparative analysis, drying quality of beet pulp.*

The article presents the results of a comparative analysis of installations for drying beet pulp, their main shortcomings are identified. Based on a comparative analysis, a new design of the beet pulp dryer is proposed, in which mechanical moisture extraction and electrical contact heat supply to the dried material are implemented.