of the development of new equipment, technologies, technical service organization in the agro-industrial complex: materials of the International scientific-practical conference «Belagro-2019» (Republic of Belarus, Minsk, June 6-7 2019). – Minsk: BSTU, 2019. – P. 66-70.

10. Mitrofanov N.E., Slinko D.B. Hardening of plowshares of tillage machines by hard metal arc surfacing // Transactions of GOSNITI. – 2017. – Т. 128. – P. 67-72.

11. Slinko D.B., Dorokhov A.S., Denisov V.A., Dobrin D.A. Improving the technology of hardening the working bodies of tillage machines // Agricultural machinery: maintenance and repair. – 2018. – № 8. – P. 26-31.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Ружьев Вячеслав Анатольевич – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Россия, г. Санкт-Петербург, e-mail: ruzhev_va@mail.ru.

Ожегов Николай Михайлович – доктор технических наук, профессор, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Россия, г. Санкт-Петербург, e-mail: tkm-wear@mail.ru.

Криштанов Егор Александрович – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Россия, г. Санкт-Петербург, e-mail: dekanazam@mail.ru.

Новиков Алексей Николаевич – соискатель Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Россия, г. Санкт-Петербург, e-mail: novice120780@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Ruzhiev Vyacheslav – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “St. Petersburg State Agrarian University”, Russia, St. Petersburg, e-mail: ruzhev_va@mail.ru.

Ozhegov Nikolay – Full Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “St. Petersburg State Agrarian University”, Russia, St. Petersburg, e-mail: tkm-wear@mail.ru.

Krishtanov Egor – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “St. Petersburg State Agrarian University”, Russia, St. Petersburg, e-mail: dekanazam@mail.ru.

Novikov Aleksey – Aspirant of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “St. Petersburg State Agrarian University”, Russia, St. Petersburg, e-mail: novice120780@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 03.09.2019 Принята к публикации (Accepted): 30.09.2019

УДК 631.017.3: 621.181

DOI: 10.35887/2305-2538-2019-5-34-40

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБРАБОТКИ СОЕВЫХ БОБОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ КОРМОВ

¹Чернов Денис Серафимович

¹Шувалов Анатолий Михайлович

¹Машков Алексей Николаевич

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. При тепловой обработке сои для включения ее в комбикорма основной изучаемый технологический параметр - это температура. Она определяет удаление антипитательных веществ, прогрев зерна, время нахождения сои в температуре и в камере охлаждения. Для проведения экспериментальных исследований использовали макетный образец оборудования для термической обработки сои с комбинированным нагревом ИК-излучателем и электронагревательной поверхностью. Установлено, что наиболее равномерный прогрев до температуры 123-125 °С с разбросом 1-2°С по всему объему зерна обеспечивается ИК-излучателем, мощностью - 1,75 кВт и электронагревательная поверхность. мощностью - 0,75 кВт. Для определения оптимального времени temperирования изучали влияние длительности temperирования зерна сои на активность уреазы. Установили, что оптимальное время temperирования на используемом оборудовании - 15 минут. В этом случае наименьшее значение активности уреазы достигается при влажности зерна 20%, времени разогрева 70 секунд. Определили, что температура зерна сои на выходе из температуратора составляет 95-105 °С. Установили, что оптимальное время нахождения сои в камере охлаждения - не менее 105 с, что обеспечивается при длине охлаждающей камеры - 2,25 м., величине подачи воздуха в камеру охлаждения 20 м³/мин.

Ключевые слова: соя, комбинированный нагрев, температура, активность уреазы, температуратор, система охлаждения, вибрационный транспортер, время нагрева.

RESEARCH OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF PROCESSING OF SOYBEAN FOR PRODUCING QUALITATIVE FEED

¹Chernov Denis

¹Shuvalov Anatoliy

¹Mashkov Alexey

¹FSBSI "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture"

Annotation. The main studied technological parameter during the heat treatment of soybeans for inclusion in mixed feeds is temperature. It determines the removal of anti-nutritional substances, the heating of grain, the time spent by soy in the temperature and in the cooling chamber. A prototype of equipment for heat treatment of soybeans with combined heating by an IR emitter and an electric heating surface was used to conduct experimental studies. It was found that the most uniform heating to a temperature of 123-125 °C with a spread of 1-2°C throughout the grain volume is provided by an infrared emitter, with a power of 1.75 kW and an electric heating surface. power - 0.75 kW. The influence of the duration of soybean grain tempering on urease activity was studied to determine the optimal tempering time. It was found that the optimal tempering time on the equipment used is 15 minutes. The lowest value of urease activity in this case is achieved with a grain moisture of 20%, a heating time of 70 seconds. It was determined that the temperature of the soybean grain at the outlet of the temperature is 95-105 °C. It was found that the optimal time spent by the soybean in the cooling chamber is at least 105 s, which is ensured when the length of the cooling chamber is 2.25 m, the air supply to the cooling chamber is 20 m³/min.

Key words: soybean, combined heating, working chamber, vibration conveyor, speed, tilt angle, vibration amplitude, rotation frequency, heating time

Введение. Для компенсации дефицита белков, витаминов, аминокислот в кормах для животных незаменимой сельскохозяйственной культурой является соя, которая отличается высокой питательной ценностью, благодаря повышенному содержанию полноценного белка, незаменимых аминокислот, жиров. Однако, в соевых бобах присутствуют антипитательные вещества, которые отрицательно влияют на питательную ценность кормов. Широкое распространение для удаления антипитательных веществ получила тепловая ее обработка. Авторами ранее разработано оборудование для термической обработки сои с комбинированным нагревом [1-6], который обеспечивался сверху инфракрасными лампами, снизу – электронагревательной поверхностью транспортирующего устройства.

При тепловой обработке сои для включения ее в комбикорма основной изучаемый технологический параметр - это температура. Она определяет удаление антипитательных веществ,

прогрев зерна на электронагревательной поверхности, время нахождения в температуре и в камере охлаждения.

Результаты и их обсуждение. Для проведения экспериментальных исследований использовался макетный образец устройства для термической обработки сои.

Исследовали влияние мощности ИК-излучателей и мощности электронагревательной поверхности на прогрев зерна на транспортере за одно и то же время (55 секунд). Полученные результаты отражены в данных таблицы 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Влияние мощности ИК-излучателей и мощности электронагревательной поверхности на прогрев зерна

Мощность ИК-излучателей, кВт	Мощность электронагревательной поверхности, кВт	Температура зерна °С		
		сверху	снизу	в центре
2,2	0,3	143	115	126
2	0,5	150	140	131
1,75	0,75	124	125	123

а) $P_{ИК}=2,2$ кВт, $P_{ЭН}=0,3$ кВт; б) $P_{ИК}=2$ кВт, $P_{ЭН}=0,5$ кВт ; в) $P_{ИК}=1,75$ кВт, $P_{ЭН}=0,75$ кВт

Рисунок 1 – Динамика разогрева сои при различной мощности ИК-излучателя и электронагревательной поверхности

Исследования показали, что при мощности ИК-излучателей 2,2 кВт и электронагревательной поверхности 0,3 кВт разброс температуры центр-верх, центр-низ и верх-низ велик и колеблется от 11 до 28°С. Очевидно, что мощность электронагревательной поверхности недостаточна, а ИК-излучателей – избыточна. Температура в центре достаточна для удаления антипитательных

веществ, но верхняя часть зерна перегрета (снижено количество полезного белка), а нижняя недогрета. При мощности ИК-излучателей 2,0 кВт и электронагревательной поверхности 0,5 кВт наблюдается разброс температуры от 11 до 19⁰С и перегрев зерна. и сверху и снизу. Как видно из приведенных данных, наиболее равномерный нагрев по всему объему зерна обеспечивается при мощности ИК-излучателя - 1,75 кВт, электронагревательной поверхности - 0,75 кВт. При этом достигается температура 123-125 ⁰С, а разброс температур составляет всего 1-2⁰С.

Для удаления антипитательных веществ важно не только нагреть сою до определенной температуры, но и выдерживать ее при этой температуре определенное время. Для этого используется температур - бункер с усиленной термозащитой.

Для определения оптимального времени темперирования изучали влияние длительности темперирования зерна сои на активность уреазы. Результаты показаны на рисунке 2.

Темперирование, мин.

Рисунок 2 – Зависимость активности уреазы от времени темперирования сои

Из рисунка 2 следует, что оптимальное время темперирования – 15 минут. Если темперирование меньше 15 минут, то уровень активности уреазы выше нормы. Проводить темперирование больше 15 минут экономически не целесообразно.

Данные, приведенные на рисунке 3, показывают влияние времени разогрева, времени темперирования, влажности зерна на снижение уровня активности уреазы. Эти данные получены при решении уравнение регрессии, полученного по результатам многофакторного эксперимента с использованием программы Mathcad 14.0. Наименьшее значение активности уреазы при времени темперировании 15 минут, влажности зерна 20 %, время разогрева 70 секунд.

Рисунок 3 – Зависимость уровня активности уреазы от изначальной влажности зерна, времени темперирования и времени разогрева

Как показали исследования, температура зерна сои на выходе 95-105 °С. Для отгрузки сои на склад, ее необходимо охладить. Для этой цели была разработана система охлаждения на базе вибрационного транспортера (рисунок 4).

1 – камера охлаждения; 2 – патрубки для соединения с воздуховодами; 3 – воздуховоды;
4 – приточный вентилятор

Рисунок 4 – Внешний вид экспериментальной системы охлаждения и схема работы

Изменить скорость движения сои в охлаждающей камере при поточной технологии термической обработки сои невозможно без изменения скорости ее движения в высокотемпературной рабочей камере, поэтому добиться увеличения времени нахождения зерна в камере охлаждения возможно только с помощью удлинения желоба и крышки вибрационного транспортера. Согласно проведенным экспериментальным исследованиям, время нахождения сои в камере охлаждения для действующего экспериментального образца должно быть не менее 105 с, что соответствует длине охлаждающей камеры, равной 2,25 м,

Изучали влияние времени обдува и расхода воздуха на температуру охлаждаемой сои (рисунок 5)

Рисунок 5 – Влияние времени обдува (а) и расхода воздуха (б) на температуру охлаждаемой сои

Приведенные результаты демонстрируют очевидный факт, что соя охлаждается тем сильнее, чем больше время ее обдува, больше скорость охлаждающего воздуха (рисунок 5 а) и больше расход воздуха в камере охлаждения (рисунок 5 б). При нахождении зерна сои в камере охлаждения 105 секунд, величина подачи воздуха в камеру охлаждения составляет 20 м³/мин.

Заключение. Таким образом, температура определяет удаление антипитательных веществ, прогрев зерна, время нахождения сои в терматоре и в камере охлаждения. Установлено, что наиболее равномерный прогрев до температуры 123-125 °С с разбросом 1-2⁰С по всему объему зерна обеспечивают ИК-излучатель, мощностью - 1,75 кВт и электронагревательная поверхность. мощностью - 0,75 кВт. Наименьшее значение активности уреазы при оптимальном времени термического переработки (на используемом оборудовании 15 минут) достигается при влажности зерна 20%, времени разогрева 70 секунд. Определили, что температура зерна сои на выходе из терматора составляет 95-105 °С. Установили, что оптимальное время нахождения сои в камере охлаждения - не менее 105 с, что обеспечивается при длине охлаждающей камеры - 2,25 м., величине подачи воздуха в камеру охлаждения 20 м³/мин.

Список литературы

1. Чернов, Д.С. Определение энергетических параметров установки для термической обработки сои / Д.С. Чернов, А.М. Шувалов // Материалы Международной научно-технической конференции «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве». – Минск, НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, том 2. – 2013. – С. 289-292.
2. Чернов, Д.С. Комбинированный нагрев сои для удаления антипитательных веществ / Д.С. Чернов. // XI Международная научно-практическая конференция, посвященная 65-летию факультета механизации сельского хозяйства «Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК». – Ставрополь: «Агроуниверсал-2015». – 2015. – С. 57 – 60.
3. Чернов, Д.С. Технические средства транспортирования сои в процессе микронизации / Д.С. Чернов, А.М. Шувалов // Наука в центральной России. – 2014. – №1. – С. 60-63.
4. Патент на изобретение №2556899 Российская Федерация. МПК A23B 9/02. Устройство для термообработки зерна. / Шувалов А.М., Чернов Д.С., Машков А.Н., Шулаев Г.М., Вотановская Н.А.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. - №201420554/13, заяв. 21.05.2014; опублик. 20.07.2015. Бюл. №20.
5. Патент на изобретение № 2615004 Российская Федерация. МПК A23L 11/00. Способ обработки полножирных соевых бобов. / Шувалов А.М., Чернов Д.С., Шулаев Г.М., Вотановская Н.А., Машков А.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИТиН. - №2015153579, заяв. 14.12.2015; опублик. 03.04.2017. Бюл. №10.
6. Патент на изобретение № 2645345 Российская Федерация. МПК A23B 9/02. Устройство для термообработки зерна / Шувалов А.М., Машков А.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИТиН. - №2017116253, заяв. 10.05.2017; опублик. 21.02.2018. Бюл. №6.
7. Патент на изобретение №2410316 Российская Федерация. МПК B65G 27/08. Вибрационный конвейер / Тишанинов Н.П., Амелянц А.Г., Ведищев С.М., Кропоткин О.Н. заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. - №2009108904/11, заяв. 10.03.2009; опублик. 27.01.2011. Бюл. №3.
8. Тишанинов, Н.П. Влияние длины транспортирования комбикорма и частоты колебания желоба на степень его заполнения и производительность: материал Международной научно-практической конференции / Н.П. Тишанинов, А.Г. Амелянц, О.Н. Кропоткин // Международная научно-практическая конференция. – ФГОУ ВПО МичГАУ. – 2008. – С. 112 – 129.
9. Красников В.В. Подъемно-транспортные машины. – М.: Колос, 1981. – 263 с.
10. Тишанинов Н.П., Кропоткин О.Н., Амелянц А.Г. Экспериментальные исследования качающегося транспортера. Материалы международной научно-практической конференции. ФГОУ МичГАУ, 2008, С. 72-82.
11. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. М.: Машиностроение, 1983, с. 373.

References

1. Chernov, D.S. Opredelenie e`nergeticheskix parametrov ustanovki dlya termicheskoy obrabotki soi / D.S. Chernov, A.M. Shuvalov // Materialy` Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoy konferencii «Nauchno-texnicheskij progress v sel`skoxozyajstvennom proizvodstve». – Minsk, NPCz NAN Belarusi po mexanizacii sel`skogo xozyajstva, tom 2. – 2013. – S. 289-292.
2. Chernov, D.S. Kombinirovanny`j nagrev soi dlya udaleniya antipitatel`ny`x veshhestv / D.S. Chernov. // XI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, posvyashhennaya 65-letiyu

fakul'teta mexanizatsii sel'skogo khozyajstva «Aktual'ny'e problemy nauchno-texnicheskogo progressa v APK». – Stavropol': «Agrouniversal-2015». – 2015. – S. 57 – 60.

3. Chernov, D.S. Texnicheskie sredstva transportirovaniya soi v processe mikronizatsii / D.S. Chernov, A.M. Shuvalov // Nauka v central'noj Rossii. – 2014. – №1. – S. 60-63.

4. Patent na izobretenie №2556899 Rossijskaya Federaciya. MPK A23V 9/02. Ustrojstvo dlya termoobrabotki zerna. / Shuvalov A.M., Chernov D.S., Mashkov A.N., Shulaev G.M., Votnovskaya N.A.; zayavitel' i patentoobladatel' GNU VNIITiN Rossel'xozakademii. - №201420554/13, zayav. 21.05.2014; opubl. 20.07.2015. Byul. №20.

5. Patent na izobretenie № 2615004 Rossijskaya Federaciya. MPK A23L 11/00. Sposob obrabotki polnozhirnyx soevyx bobov. / Shuvalov A.M., Chernov D.S., Shulaev G.M., Votnovskaya N.A., Mashkov A.N.; zayavitel' i patentoobladatel' FGBNU VNIITiN. - №2015153579, zayav. 14.12.2015; opubl. 03.04.2017. Byul. №10.

6. Patent na izobretenie № 2645345 Rossijskaya Federaciya. MPK A23B 9/02. Ustrojstvo dlya termoobrabotki zerna / Shuvalov A.M., Mashkov A.N.; zayavitel' i patentoobladatel' FGBNU VNIITiN. - №2017116253, zayav. 10.05.2017; opubl. 21.02.2018. Byul. №6.

7. Patent na izobretenie №2410316 Rossijskaya Federaciya. MPK V65G 27/08. Vibratsionnyj konvejer / Tishaninov N.P., Amel'yancz A.G., Vedishhev S.M., Kropotkin O.N. zayavitel' i patentoobladatel' GNU VNIITiN Rossel'xozakademii. - №2009108904/11, zayav. 10.03.2009; opubl. 27.01.2011. Byul. №3.

8. Tishaninov, N.P. Vliyanie dliny transportirovaniya kombikorma i chastoty kolebaniya zheloba na stepen ego zapolneniya i proizvoditel'nost': material Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii / N.P. Tishaninov, A.G. Amel'yans, O.N. Kropotkin // Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya. – FGOU VPO MichGAU. – 2008. – S. 112 – 129.

9. Krasnikov V.V. Pod'emno-transportny'e mashiny. – M.: Kolos, 1981. – 263 s.

10. Tishaninov N.P., Kropotkin O.N., Amel'yancz A.G. E'ksperimental'ny'e issledovaniya kachayushhegosya transportera. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. FGOU MichGAU, 2008, S. 72-82.

11. Spivakovskij A.O., D'yachkov V.K. Transportiruyushhie mashiny. M.: Mashinostroenie, 1983, s. 373.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Чернов Денис Серафимович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: vniiti@mail.ru.

Шувалов Анатолий Михайлович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: vniiti@mail.ru.

Машков Алексей Николаевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: vniiti@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Chernov Denis – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: vniiti@mail.ru.

Shuvalov Anatoliy – Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: vniiti@mail.ru.

Mashkov Alexey – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: vniiti@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 29.08.2019 Принята к публикации (Accepted): 22.10.2019