

Докторант Д.А. Бритиков, профессор А.А. Шевцов
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии хранения и переработки зерна,
тел. (473) 255-65-11

Инновационные решения в технологии зерносушения

Научно обоснована инновационная технология сушки и хранения зерна масличных культур с применением теплового насоса, обеспечивающая повышение качества продукции, снижение энергозатрат и экологическую безопасность.

Heat pump oil-plants grain drying and storage innovative technology providing product quality increase, energy consumption decrease and environmental safety is scientifically grounded.

Ключевые слова: масличные культуры, семена льна, сушка, осциллирующие режимы, хранение, технология, тепловой насос, управление.

В настоящее время животноводческие комплексы и птицефабрики переходят на кормление животных и птицы комбикормами, обогащенными протеином, ненасыщенными жирными кислотами и другими биологическими веществами.

Для снижения дефицита протеина все шире используются экологически чистые источники растительного сырья, к которым в полной мере относятся семена льна и рапса.

Являясь масличными культурами с повышенным содержанием жира (36...50 %), сырого протеина (21...31 %), сбалансированного по незаменимым аминокислотам, витаминов А, В, Е, безазотистых экстрактивных веществ, обладая высокой биологической продуктивностью, семена льна и рапса входят в число растений, наиболее перспективных для создания высокопитательных зерносмесей [1]. Широкое применение семян льна и рапса, а также продуктов их переработки сдерживается из-за быстрого снижения качества содержащегося в них жира, вследствие гидролиза и накопления перекисных соединений. Это негативно сказывается на эффективности скармливания животным такого корма в связи с образованием в желудочно-кишечном тракте труднорастворимых соединений, снижающих усвоение питательных веществ. Процесс гидролиза жира усиливается с увеличением влажности и температуры маслосодержащих семян, а также катализаторов, света и кислорода [2].

Существующие в настоящее время способы стабилизации маслосодержащего сырья, позволяющие избежать изменения их натуральных свойств, можно разделить на две группы – стабилизация путем термической

обработки или воздействием антиоксидантов и консервантов. Недостаток первой группы – высокие температуры при термической обработке, следствием которой является частичное или полное разрушение таких составляющих продукта, как белки, витамины и другие ценные вещества, входящие в состав масличных культур в значительном количестве. Вторая группа не предусматривает термической обработки масличных культур, что требует значительного расхода химических реагентов для достижения максимального стабилизирующего эффекта.

Установлено [6], что за счет применения теплового воздействия и ввода антиоксиданта можно обеспечить высокое качество семян масличных культур, увеличить сроки их хранения и эффективно использовать в кормопроизводстве.

Одним из способов стабилизации качества семян с повышенным содержанием жирных кислот является сушка в осциллирующих режимах с чередованием циклов нагрева и охлаждения [6, 7, 9]. Совместное воздействие теплоносителя и антиоксиданта на масличные семена открывает реальные перспективы в создании инновационной технологии осциллирующей сушки.

Актуальной задачей является научное обеспечение и разработка рациональных параметров сушки семян масличных культур в осциллирующих режимах с циклическим вводом антиоксиданта, обеспечивающих повышение качества высушенного продукта, увеличение сроков его хранения и снижение удельных энергозатрат.

Для эффективной реализации процесса сушки масличных культур изучен характер

связи влаги с определением участков, на которых осуществлялось преобразование веществ при постепенном повышении температуры. Установлено влияние температурных режимов на состав и структуру углеводов, белка, липидов, витаминов и органических кислот.

Исследования форм и энергии связи влаги с продуктом в атмосфере газа аргона с постоянной скоростью нагрева семян льна 5 К/мин до 300 °С проводили методом неизо-термического анализа на термоанализаторе STA 409 LUXX фирмы NETZSCH в алюминиевых тиглях с общей массой семян льна без стабилизатора навеской – 23,230 мг и семена со стабилизатором – 23,230 мг [5]. Применяемые для количественной обработки методом неизо-термической кинетики термоаналитические кривые одновременно регистрировали изменения температуры, массы образца, скорости изменения температуры или энтальпии и изменения массы (кривые TG, DTA и DTG).

В процессе сушки лен претерпевал значительные физико-химические изменения, в результате которых высвобождалась вода, определяющая характер протекающих внутри продукта преобразований веществ. За счет испарения влаги и разложения углеводов и других органических соединений его масса снижалась на 25...30 %.

Дериватограмма семян льна (рис. 1) имеет характеристическую температуру ступеней гидратации, деструкции веществ и температурные интервалы устойчивости промежуточных соединений, определяемые пиками эндотермических эффектов, сопровождающихся испарением влаги и отделением газообразных фракций [5]. На кривой DTA наблюдается ряд комплексных эндотермических и экзотермических эффектов, которые отвечают удалению влаги и развитию денатурационных процессов.

Участок кривой изменения массы, соответствующий процессу дегидратации, преобразовали в зависимость степени изменения массы или превращения вещества от температуры. Для этого через каждые 5 °С на кривой TG находили изменение массы m_i образца, соответствующей массовой доле высвобождающейся воды при температуре T_i .

Степень изменения массы α рассчитывали как отношение массы m_i к общей массовой доле воды, содержащейся в продукте (m), определяемой из кривой TG в конце процесса дегидратации. Полученная кривая TG (рис. 2) в координатах « α - T » имеет S-образный вид, отражающий сложный характер взаимодействия

воды и сухих веществ льна, и предполагает различие в скорости высвобождения воды на разных участках данной кривой. Количественную оценку форм связи влаги в продукте осуществляли по экспериментальным кривым (рис. 3), полученным методом термогравиметрии.

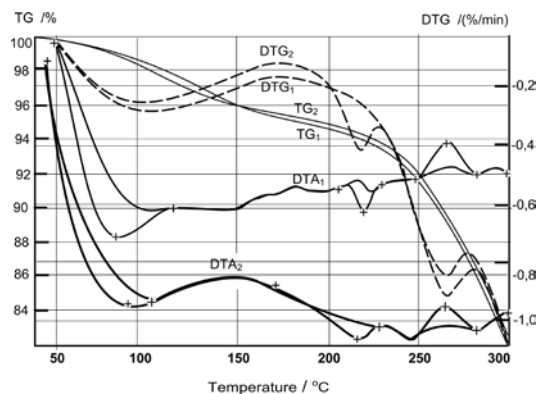


Рис. 1. Дериватограмма семян льна: DTG₁ – дифференциальная кривая потери массы семян льна без антиоксиданта; DTG₂ – дифференциальная кривая потери массы стабилизированных семян льна; DTA₁ – дифференциальная температурная кривая семян льна без антиоксиданта; DTA₂ – дифференциальная температурная кривая стабилизированных семян льна; TG₁ – потеря массы семян льна без антиоксиданта; TG₂ – потеря массы стабилизированных семян льна

Каждому из участков соответствует различное значение энергии активации E_a . Относительно низкие значения E_a на первой ступени дегидратации указывают на то, что удаление воды происходит с большой скоростью, молекулы воды слабо связаны с веществом и находятся в межпоровом пространстве.

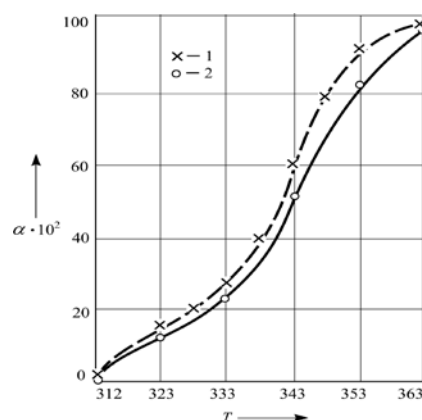


Рис. 2. Зависимость степени изменения массы семян льна α от температуры T : 1 – без антиоксиданта; 2 – стабилизированные

Влияние структуры семян льна проявляется в изменении механизма и кинетических параметров дегидратации на второй и третьей ступенях процесса (табл. 1).

Значения энергии активации для второй ступени дегидратации семян льна с антиоксидантом и без него одинаковые (19 кДж/моль), что указывает на схожие механизмы реакций в данном температурном интервале $\Delta T = 338 - 343$ К, не зависящие от стабилизатора. Снижение E_a на второй ступени говорит о том, что процесс дегидратации протекает быстрее, что может быть связано с увеличением активности ферментов. Значения энергии активации для реакций, катализируемых ферментами, находятся в диапазоне (16,72 – 83,60 кДж/моль).

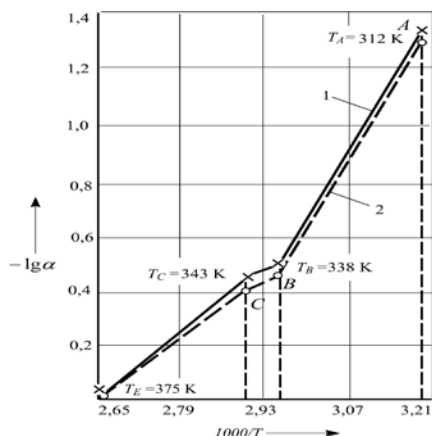


Рис. 3. Зависимость семян льна $-lg\alpha$ от температуры $1000/T$: 1 – без антиоксиданта; 2 – стабилизированные

Температурный интервал второй ступени 338-343 К это, возможно, и есть тот оптимальный интервал температур для семян льна, в котором еще не происходит денатурация ферментного белка. На третьей ступени происходит удаление среднесвязанной воды. Выделенные три ступени дегидратации семян льна при термическом воздействии свидетельствуют о незначительном расхождении функций $-lg\alpha = f(1000/T)$ семян льна с антиоксидантом и без него, что позволяет осуществлять энергоподвод в процессе сушки без изменения его режимов.

При анализе осциллирующей сушки с циклическим вводом антиоксиданта изучали динамику изменения показателей качества жира в семенах льна. При этом определяли

необходимое количество вводимого антиоксиданта между циклами нагрева и охлаждения семян и корректировали температурные режимы сушки, обеспечивающие низкое содержание перекисных соединений и свободных жирных кислот.

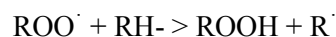
Т а б л и ц а 1
Кинетика дегидратации семян льна

Номер ступени дегидратации	ΔT , К	$\Delta\alpha$	Массовая доля удаляемой воды, %	E_a , кДж/моль
Семена льна без антиоксиданта				
1 (AB)	312-338	0-0,31	31	21,5786
2 (BC)	338-343	0,31-0,35	3	19,2277
3 (CE)	343-376	0,35-1	66	37,2899
Стабилизированные семена льна				
1 (AB)	312-338	0,05-0,35	35	25,3630
2 (BC)	338-343	0,35-	2,5	19,3424
3 (CE)	343-370	0,375-1	62,5	37,1748

Качество семян оценивали в соответствии с существующими ГОСТами, а антиоксидантную активность – на приборе «Цвет Яуза-01-АА».

Процесс сушки семян сопровождался взаимодействием липидов с кислородом воздуха по радикальному цепному механизму [3]. Кислород малоактивен, но под влиянием многих факторов он вступает в химические реакции, скорость которых зависит от жирнокислотного состава семян и условий окисления.

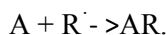
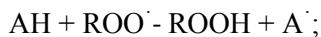
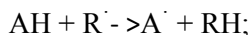
В общем виде механизм окисления жиров и действия антиокислителей может быть представлен следующим образом [6]. Свободный радикал $RO\cdot$, взаимодействуя с кислородом, образует пероксид-радикал $R\cdot + O_2 \rightarrow ROO\cdot$, способный контактировать с другой ненасыщенной жирной кислотой или ее ацилом $R-H$. При этом образуется новый свободный радикал и гидропероксид



Медленно протекающая на начальном этапе реакция по мере накопления гидропероксидов и их распада с образованием новых радикалов резко ускоряется:



Введение антиоксиданта АН приводит к образованию новых радикалов А, отличающихся значительно большей стабильностью, чем радикалы R, что приводит к замедлению реакции, а в итоге при определенных условиях к ее резкому торможению:



Были проведены исследования по выбору антиоксидантов из группы препаратов направленного действия, используемых для стабилизации жира. Наиболее эффективным оказался Эндокс (рис. 4).

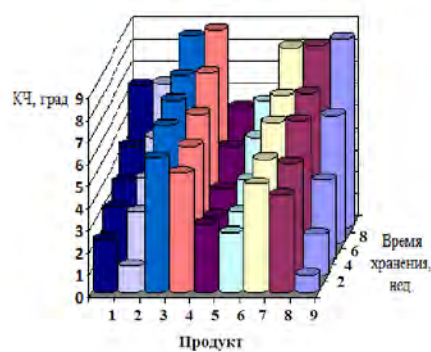
Хранение семян льна подтверждает высокую эффективность данного антиоксиданта. При внесении других препаратов: бутилокситолуола, фумаровой кислоты, агидола кислотное число жира в хранившихся семенах рапса составило 6,8; 8,3; 7,9 мг КОН/г и перекисное число - 10,7; 8,5; 13,9 ммоль/кг 1/2О. При вводе Эндокса значения этих показателей в конце опыта не превысили 6,3 мг КОН/г и 5,3 ммоль/кг 1/2О.

При высокой начальной влажности семена льна быстрее теряют свое качество из-за усиливающихся в них процессов гидролиза и окисления жира.

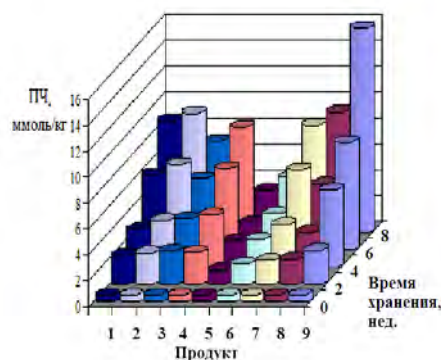
Предложен способ сушки по несимметричной схеме осцилляции в четыре цикла нагрева и охлаждения семян при соотношении их продолжительности 2:1 с введением антиоксиданта [7, 8]. Его дозировку при циклическом вводе определяли экспериментально, основываясь на снижении влажности семян на каждом последующем интервале сушки. В ходе исследований уточнили норму ввода антиоксиданта.

При начальной влажности более 17 % количество Эндокса составило 0,3 % к общей массе семян. Увеличение вводимого препарата перед первым этапом сушки не стабилизировало содержание жира, о чем свидетельствуют перекисное и кислотное числа. Для последующих этапов определили нормы ввода антиоксиданта: при снижении влажности на первом этапе в 2...3 % (влажность семян 14...15 %) перед вторым циклом вводим Эндокса 0,18...0,25 %; перед третьим (влажность 11...12 %) - 0,05...0,1 % и четвертым - 0,01...0,04 % (8...10 %).

Процесс сушки прекращали при достижении влажности 8,0 %.



а)



б)

Рис. 4. Изменение кислотного (а) и перекисного (б) числа стабилизированных семян льна в процессе хранения: 1 – бутилокситолуол, 0,10 %; 2 – бутилокситолуол, 0,05 %; 3 – фумаровая кислота, 10 %; 4 – фумаровая кислота, 5 %; 5 – эндокс, 0,005 %; 6 – эндокс, 0,01 %; 7 – агидол, 1,5 %; 8 – агидол, 0,5 %; 9 – контроль

С помощью введенного Эндокса высокий уровень антиоксидантной активности в стабилизированных семенах льна удалось поддерживать на всех этапах сушки. Относительно исходного значения снижение не превысило 12 %.

Динамика изменения кислотного и перекисного чисел (рис. 5) свидетельствует о том, что предлагаемый способ сушки обеспечивает стабилизацию качества семян.

Семена льна, высушенные по известному [4] и предлагаемому способу [7], заложили на хранение. Установлено, что семена, подвергнутые сушке в осциллирующем режиме с циклическим вводом Эндокса, сохраняли свое качество без изменений в течение более длительного срока, чем сравниваемая продукция.

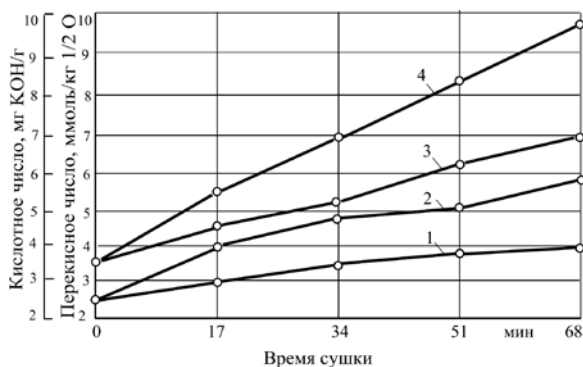


Рис. 5. Динамика изменения кислотного (1, 3) и перекисного чисел (2, 4) в процессе сушки: 1, 2 – сушка в осциллирующем режиме [7]; 3, 4 – традиционная конвективная сушка [4]

При хранении высушенных семян льна в течение 4 мес в них установлен рост перекисного числа с 7,5 до 10,6 ммоль/кг $1/2 O_2$, значение кислотного числа при этом не превысило в конце опыта 5,5 мг КОН/г (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Динамика изменения показателей качества при хранении

Показатели качества	Время хранения, мес (известный способ/предлагаемый)				
	начало	1	2	3	4
Влажность, %	9,0/8,8	9,2/8,8	9,6/8,9	10,1/9,9	11,9/10,4
Перекисное число, ммоль/кг $1/2 O_2$	8,9/7,5	9,6/7,9	10,7/8,5	12,9/9,1	14,9/10,6
Кислотное число, мг КОН/г	5,6/4,8	6,1/4,9	6,6/5,0	6,9/5,2	7,3/5,5

Сушка семян льна предлагаемым способом позволяет повысить эффективность процесса стабилизации продукта, снизить общую микробиологическую обсемененность и энергетические затраты на обработку исходного продукта, увеличить срок хранения семян.

Эффективность сушки в осциллирующих режимах как сложного термодинамического процесса взаимодействия влажного продукта и сушильного агента, стремящихся к равновесию, в значительной степени зависит от начального импульса внешнего воздействия на влажный продукт, который согласно универсальному термодинамическому принципу Лешателье-Брауна определяет скорость приближения системы к равновесию и, по существу, скорость процесса сушки [1]. Каскад началь-

ных импульсов, т. е. осциллирующий режим сушки, эффективно организован с применением теплового насоса для подготовки горячего и холодного воздуха [7].

На основе кинетических и гидродинамических закономерностей процесса сушки и исследования влияния антиоксиданта на показатели качества маслосодержащего сырья и их ферментативную активность разработана технология стабилизации семян льна (рис. 6).

На первой стадии стабилизации в камере нагрева доводят температуру семян льна до 65-70 °С путем их обработки теплым воздухом, поступающим из конденсатора теплонасосной установки. Дозированные семена льна и Эндокс подают в смеситель, где происходит равномерное смешивание компонентов смеси в три этапа по 4 мин. Подачу Эндокса на смешивание осуществляют в зависимости от расхода семян льна и первоначальных показателей качества продукта. На последней стадии стабилизации в камере охлаждения происходит обработка семян льна холодным воздухом, поступающим из испарителя теплонасосной установки, до температуры продукта 12 °С.

В тепловом насосе рабочее тело (хладагент) всасывается компрессором, сжимается до давления конденсации и направляется в конденсатор. Конденсируясь, хладагент отдает теплоту воздуху, который с температурой 60...70 °С подают в камеру нагрева семян льна.

Сконденсированный хладагент направляется затем в регулирующий вентиль, где дросселируется до давления, с которым поступает в испаритель и испаряется за счет теплоты воздуха, который подают в испаритель с теплообменника-рекуператора.

Здесь воздух охлаждают ниже точки росы до температуры -5 °С. Выделившуюся влагу отделяют на сепараторе, после которого воздух попадает в камеру охлаждения семян льна. Здесь происходит охлаждение семян льна и предварительный нагрев воздуха до температуры 15...20 °С.

Последующий нагрев воздуха осуществляют в теплообменнике-рекуператоре до температуры 20...25 °С, что в значительной мере позволяет снизить нагрузку на конденсатор теплонасосной установки. Затем воздух направляют в конденсатор, где нагревают до температуры 65...70 °С, с которой вентилятором подают в камеру нагрева семян льна. При нагревании семян льна часть теплоты затрачивается на испарение из семян льна влаги, которая отводится с воздухом в испаритель.

В испарителе происходит конденсация влаги из воздуха, которая отделяется от воздуха в сепараторе. Тепловая обработка семян льна осушенным воздухом исключает возможную их гидратацию в камере нагрева.

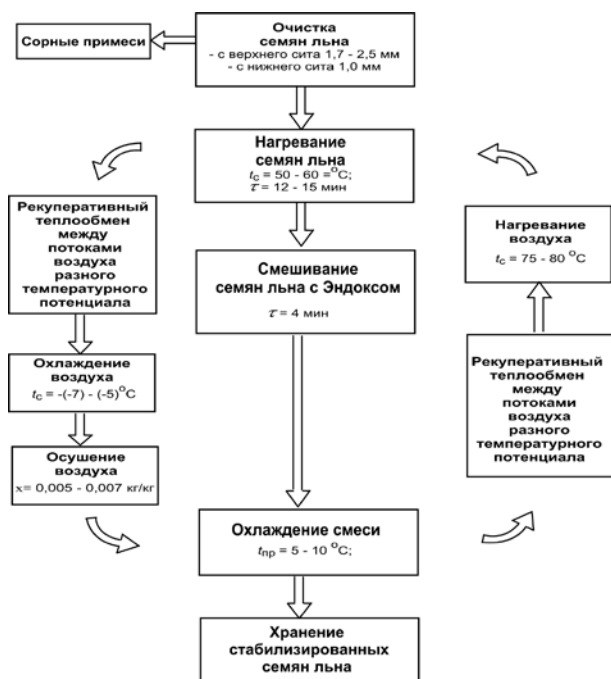


Рис. 6. Технологическая схема стабилизации семян льна

Использование воздуха с низко- и высокотемпературным потенциалом позволяет обеспечить необходимые температурные режимы обработки семян как с технологической точки зрения, так и с позиции повышения энергетической эффективности процесса стабилизации.

Для повышения качества зерна масличных культур, увеличения сроков его хранения, улучшения экологической безопасности разработана технология стабилизации термовлажностных характеристик зерна в процессе его сушки и хранения (рис. 7).

Влажное зерно последовательно подают сначала в теплообменник 4, где оно нагревается за счет теплоты отработанного сушильного агента, затем зерно подают в секцию нагрева 2 шахтной сушилки 1, где продувается воздухом, подогретым сначала в конденсаторе 18 теплонасосной установки, а затем в калорифере 5, в результате чего влажность исходного зерна снижается. Далее продукт поступает в секцию охлаждения зерна 3 шахтной сушилки 1, где охлаждается воздухом из рабочей секции испарителя 19. Последующее чередование нагревания и охлаждения зерна в зонах 2 и 3 позволяет обеспечить осциллирующие режи-

мы сушки, при которых снижается скорость внутреннего теплопереноса по сравнению со скоростью влагопереноса. При этом температура зерна не превышает области допустимых значений, а снижение влажности до конечной достигается благодаря тепловому воздействию в зонах нагрева, температурный режим в которых регулируется по величине текущей влажности зерна, поступающего из предыдущей зоны охлаждения в последующую зону нагрева. Режимы нагрева и охлаждения устанавливаются в зависимости от вида высушиваемой культуры.

Высушенное зерно норией 9 подают в смеситель 10, где перед закладкой на хранение его обрабатывают антиоксидантом. Затем зерно подают на хранение в силосы 11. Обработка зерна антиоксидантом перед закладкой на хранение позволяет существенно снизить активность содержащихся в нем ферментов и исключить возможность возникновения процессов, приводящих к снижению его качества при хранении.

Отработанный воздух после секций нагрева и охлаждения зерносушилки 1, а также отработанный воздух из силосов после активного вентилирования направляют в циклон 8 для очистки от взвешенных твердых частиц.

Очищенный воздух с помощью распределителя потока 21 направляют на осушение и охлаждение в секцию испарителя 19 теплонасосной установки, работающую в режиме конденсации. Осушенный и охлажденный сушильный агент с помощью распределителя 22 разделяют на два потока, один из которых подают на активное вентилирование зерна в силосы 11, а другой – направляют на сушку с подпиткой этих потоков свежим воздухом.

Посредством распределителя 23 часть холодного воздуха после испарителя с помощью вентиляторов 7 подают в секции охлаждения зерна 3, а другую – через конденсатор 18 и калориферы 5 с помощью вентиляторов 6 направляют в каждую из секций нагрева зерна 2.

Для получения насыщенного пара используют парогенератор 13 с электронагревательными элементами и предохранительным клапаном 14. Посредством распределителя 24 одну часть полученного пара подают в калориферы 5 для нагрева воздуха, а другую – направляют на регенерацию поверхности охлаждающего элемента резервной секции испарителя 19 теплонасосной установки. Использование насыщенного пара для размораживания (оттайки) позволяет обеспечить синхронность работы резервной и рабочей секций

испарителя теплонасосной установки.

Образовавшийся конденсат в калориферах 5 и после размораживания резервной секции испарителя 19 отводят в сборник конденсата 16, а затем в режиме замкнутого цикла вновь подают насосом 15 в парогенератор 13 для пополнения убыли воды.

По текущей информации, получаемой от датчиков, микропроцессор 41 в соответствии с заложенным в него алгоритмом устанавливает оптимальные режимы сушки и хранения семян. Технология стабилизации термовлажностных характеристик зерна масличных культур при сушке и хранении реализована на примере сушки семян льна в шахтной зерносушилке ДСП-24 с последующим вводом антиоксидан-

та и длительным хранением в металлическом зернохранилище с аэрожелобами для активного вентилирования [9]. Пределы регулирования температуры и расхода воздуха на входе в секции нагрева составляют $60...75\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $14000...22000\text{ м}^3/\text{ч}$, а расход воздуха в секции охлаждения – $10000...18000\text{ м}^3/\text{ч}$.

Для длительного и надежного хранения, обеспечивающего необходимые аэробные условия и предотвращающего порчу продукта, предложена аэрация семян льна смесью осушенного и атмосферного воздуха при расходе $0,1...0,3\text{ м}^3/\text{мин}$ на кубический метр зерновой массы.

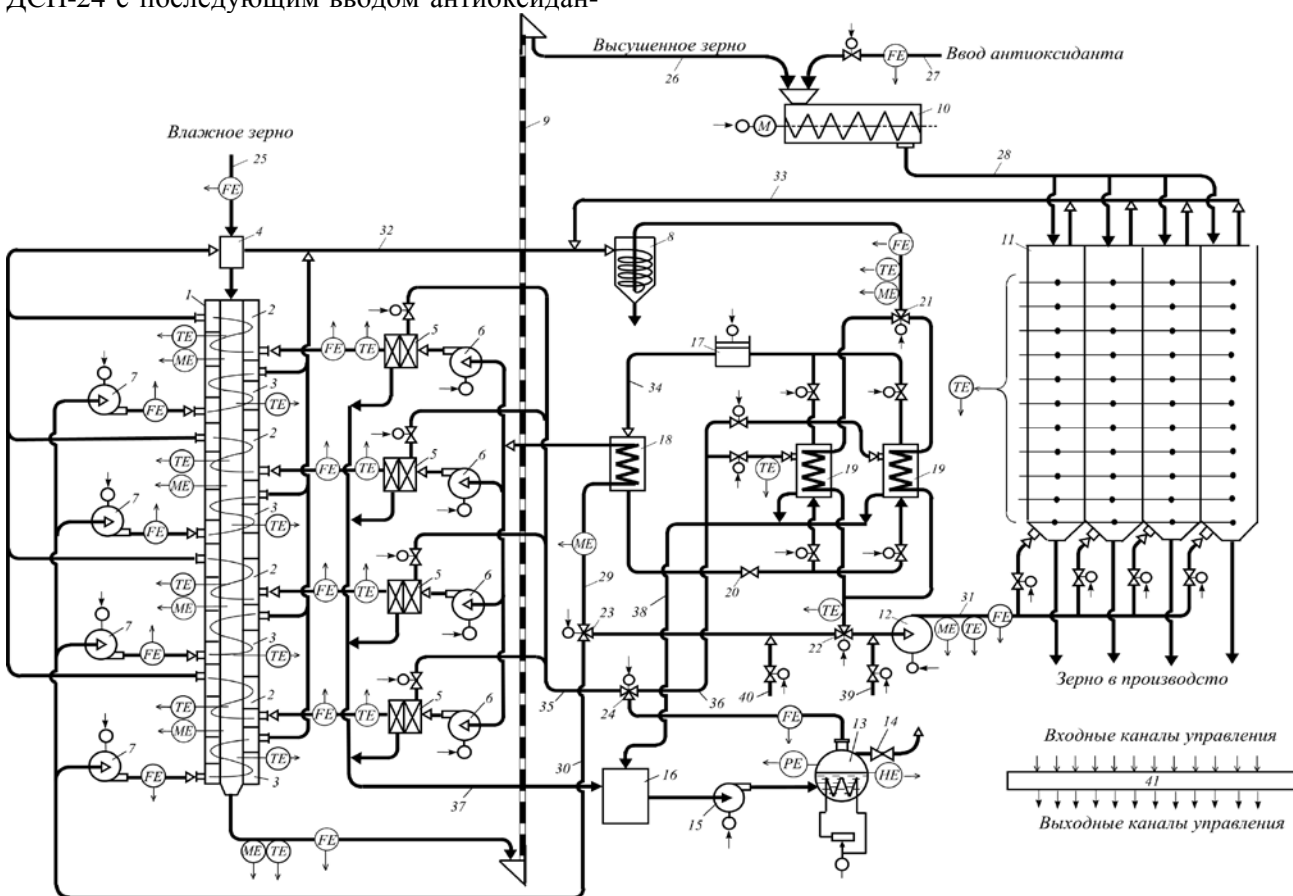


Рис. 7. Технологическая схема стабилизации термовлажностных характеристик зерна масличных культур при сушке и хранении

Для подготовки осушенного воздуха к последующей сушке и хранению семян льна используется теплонасосная установка со следующими техническими данными:

Хладопроизводительность, кВт.....30...40
Хладагент (фреон-12).....R12
Тип компрессора.....поршневой
одноступенчатый

Температура хладагента
на входе в испаритель, $^{\circ}\text{C}$0...10
Площадь охлаждающей поверхности
испарителя, м^268,9
Допустимая толщина
снеговой шубы, мм..... $16\pm 0,5$
Допустимые пределы
изменения коэффициента
теплопередачи, $\text{кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$5,8...8,0

Предлагаемая технология стабилизации термовлажностных характеристик зерна масличных культур при его сушке и хранении позволяет повысить качество зерна масличных культур за счет реализации сушки в осциллирующих режимах путем чередования интервалов нагрева и охлаждения; увеличить сроки хранения зерна вследствие его обработки перед закладкой на хранение антиоксидантом в требуемых количествах. Уменьшение общей обсемененности составляет $4,0 \cdot 10^3$ КОЕ/г. Незначительное увеличение кислотного числа на 2,31 мг КОН на 1 г масла повышает хранимоспособность семян льна примерно в 2 раза.

Таким образом, экспериментальные и теоретические исследования подготовили условия для промышленной реализации инновационной технологии сушки и хранения масличных культур с применением теплового насоса, обеспечили решение актуальных задач повышения качества продукции, снижения энергетических затрат, создали реальные перспективы улучшения экологической безопасности на объектах хранения и переработки зерна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биохимия растительного сырья [Текст] / В. Г. Щербаков, В.Г. Лобанов, Т.Н. Прудникова [и др]. – М.: Колос, 1999. – 375 с.
2. Околелова, Т. М. Корма и ферменты [Текст] / Т. М. Околелова, А. В. Кулаков, С. А. Молоскин, Д.М. Грачев. – Сергиев Посад, 2001. – 112 с.
3. Нечаев, А. Л. Пищевые добавки [Текст] / А. Л. Нечаев, А. А. Кочеткова, А. Н. Зайцев. – М.: Колос, 2001 – 256 с.
4. Гинзбург, А. С. Основы теории и техники сушки пищевых производств [Текст] / А. С. Гинзбург. - М.: Пищевая пром-ть, 1973. - 243 с.
5. Шевцов, А. А. Оценка состояния воды в семенах льна как объекта сушки методом дифференциально-термического анализа [Текст] / А. А. Шевцов, Д. А. Бритиков, И. В. Кузнецова, Л. Н. Фролова // Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. – 2009. – № 6. – С. 77 – 78.
6. Шевцов, А. А. Изменение качества семян рапса в процессе сушки с циклическим вводом антиоксиданта [Текст] / А. А. Шевцов, Д. А. Бритиков, Е. С. Шенцова, Л. Н. Фролова, А.С. Лесных // Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. – 2010. – № 4. – С. 72 – 74.
7. Пат. 2410884 С2 РФ, МПК А 23 В 9/24, С 11 В 1/06. Способ сушки масличных семян с вводом стабилизатора и установка для его осуществления / Шевцов А. А., Дранников А. В., Бритиков Д. А., Фролова Л. Н., Калинина А. В.; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. технол. акад. - № 200911978813/13; заявлено 25.05.2009; опубл. 10.02.2011; Бюл. № 4.
8. Пат. 2416919 С1 РФ, МПК А 23 В 9/16. Способ сушки семян рапса / Шевцов А. А., Бритиков Д. А., Фролова Л. Н., Лесных А. С.; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. технол. акад. - № 20091395992/13; заявлено 26.10.2009; опубл. 27.04.2011; Бюл. № 12.
9. Пат. 2425304 С1 РФ, МПК⁷ F 26 В 3/14, F 26 В 21/08, F 26 В 21/10. Способ стабилизации термовлажностных характеристик зерна злаковых и масличных культур при сушке и хранении / Шевцов А. А., Бритиков Д. А., Дранников А. В., Ожерельева О.Н., Фролова Л. Н. (РФ); заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. технол. акад. – № 2010110880/06; заявлено 22.03.2010; опубл. 27.07.2011; Бюл. № 21.