7. **Ivanov D.A., Naumov I.V., Pod'yachih S.V.** Issledovanie poter' ehlektricheskoy ehnergii v seti 0,38 kV // Vestnik IRGSKHA. – 2017. – № 81-2. – S. 70-77.
8. **Vukolov V.YU., Krivonogov S.V., Trapeznikov I.F.** Meropriyatiya po snizheniyu poter' ehlektroehnergii na transport dlya predpriyatij kommunal'no-bytovogo sektora // Vestnik NGIEHI. – 2016. – № 12 (67). – S. 54-60.
9. **PM № RF № 110876.** Fil'trosimmetriruyushchee ustrojstvo dlya trekhfaznoj seti s nulevym provodom / F.D. Kosouhov, A.O. Gorbunov, V.A. Romanov, M.YU. Teremeckij. Opubl. 27.11.2011. Byul. № 33.
10. **PM RF № 61063 H02J 3/26.** Simmetriruyushchee ustrojstvo dlya trekhfaznoj chetyrehprovodnoj seti s reguliruemyimi parametrami / D.A. Ivanov, I.V. Naumov, D.A. SHpak, A.A. Matveenkov, S.V. Pod'yachih, S.V. Suk'jasov. Opubl. 10.02.2007. Byul. № 4.

УДК 631.365.22

Канд. техн. наук **Л.И. ЕРОШЕНКО**
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, eroshenko.1939@mail.ru)
Канд. техн. наук **А.Н. ПЕРЕКОПСКИЙ**
(ФГБНУ ИАЭП, aperekopskii@mail.ru)

АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МОБИЛЬНЫХ БУНКЕРНЫХ ЗЕРНОСУШИЛОК В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РФ

Зерносушилки классифицируют по сложности устройства (простейшие или механизированные), по характеру работы (периодического или непрерывного действия), по виду агента сушки (нагретый воздух или смесь его с топочными газами), по мобильности (стационарные или мобильные). В практике наибольшее распространение при сушке урожая зерна и семенной массы кормовых культур получил конвективный способ сушки. Зерносушилки конвективного действия можно классифицировать по принципу организации движения зернового слоя и его состояния, от которого в значительной степени зависят тепло- и влагообменные показатели процесса сушки.

К основным параметрам, характеризующим наиболее распространенные в России шахтные, карусельные и бункерные сушилки, относятся следующие [1, 2]:

- температура сушильного агента до 150°C;
- снижение влажности за один пропуск от 3 до 12%;
- расход энергии тепла от $5028 \cdot 10^3$ до $5866 \cdot 10^3$ Дж/кг испаренной влаги;
- съем влаги с 1 м³ объема шахты от 30 до 45 кг/ч.

В противоточных зерносушилках обеспечивается благоприятный режим сушки зерна, достигается высокая степень использования поглотительной способности сушильного агента и его тепла.

Недостатками шахтных, карусельных и бункерных сушилок являются [2, 3]:

- трудность обеспечения высокой удельной подачи агента сушки в зерновую массу из-за резкого возрастания потерь давления на преодоление сопротивления зернового слоя;
- неравномерность сушки по объему сушильной камеры;
- сильное травмирование высоковлажной семенной массы, которая пропускается через сушильную камеру 5-8 раз;
- невозможность сушки малосыпучего вороха семян;
- отсутствие условий получения первоклассных семян из очищенного вороха повышенной влажности.

Эксплуатация шахтных сушилок в условиях регионов повышенного увлажнения довольно подробно изучена в следующих работах [3, 4, 5], а срок использования мобильных бункерных сушилок не превышает 10 лет.

Цель исследования - выявить технологические особенности и провести хронометраж сушки зерна в бункерных сушилках, эксплуатируемых в сельскохозяйственных организациях Северо-Западного региона РФ.

Материалы, методы и объекты исследований. Объектом исследования является мобильная бункерная сушилка PRT-250. Исследования, в том числе хронометраж, проводились в уборочный сезон (август-сентябрь) 2017 года в АО «Гатчинское» Ленинградской области. Влажность зернового вороха определялась влагомером Wile-35 с трехкратной повторностью.

Результаты исследования.

1. Необходимо отметить, что мобильные бункерные сушилки предназначены для досушки зернового вороха влажностью 18-19% на 2-4% в фермерских хозяйствах Италии, в благоприятных климатических условиях. В нашем регионе расчетная средняя влажность доставленного вороха – 26% (в 2017 г. средняя влажность – 29%).

2. Применяемый в данных сушилках вертикальный шнек для загрузки, перемешивания и выгрузки зерна не допустим для высоковлажного семенного материала по причине сильного травмирования, микрповреждения и дробления последнего.

3. Это сушилки периодического действия, следовательно, сначала производится загрузка по времени от 40 минут до 1,5 часа, потом сушка (на высоковлажном зерне 4-6 часов), охлаждение 20-30 минут, выгрузка 30 минут. Цикл сушки составляет 6-8 часов. В сутки может быть обеспечено 2-3 загрузки. Производители сушилок представляют в технической характеристике их пропускную способность, а желательно указывать производительность (тонн/час), как принято в России.

4. Очень сложно внедрить предлагаемые сушилки в технологии послеуборочной обработки зерна и семян, в существующие и проектируемые пункты и комплексы [5, 6].

5. Процесс сушки зерна может осуществляться только при заполненном объеме сушилки; в нашем регионе из-за различных климатических и технических особенностей часто не удаётся обеспечить доставку необходимой массы зернового вороха.

6. Опасность применения теплогенератора прямого действия без теплообменника. В большинстве этих сушилок используется именно прямой нагрев и, как следствие, уже одна сушилка сгорела. Для обеспечения пожарной безопасности необходимо полностью исключить попадание легковоспламеняющихся примесей в камеру сгорания теплогенератора и осуществить качественную предварительную очистку вороха. По нашим исследованиям, повышенная запыленность отработанного воздуха отрицательно влияет как на условия работы обслуживающего персонала, так и на окружающую среду.

7. Топливный бак у мобильных сушилок находится в непосредственной близости от горелки (всё в едином блоке), при этом он небольшой вместимости, поэтому топливозаправщику приходится заправлять сушилку ежедневно и останавливать ее работу.

На рис. 1 представлена бункерная сушилка PRT - 250 в стационарном варианте в АО «Гатчинское» Ленинградской области.

Дополнительно были смонтированы навесы над приемным бункером и самой сушилкой, модернизирован приемный бункер и выгрузное устройство.

На примере модельного ряда сушилок Agrex PRT можно проследить заявленные дилером производителя технические характеристики (табл. 1).

В соответствии с разработанной методикой нами проведены исследования по работе сушилки в АО «Гатчинское». Фрагмент статистических данных о работе зерносушилки «Agrex» в сезоне 2017 года представлен в табл. 2.

Рис.1. Мобильная зерносушилка «Agrex» в АО «Гатчинское» Ленинградской области

Таблица 1. Технические характеристики сушилок Agrex PRT [7]

Модели	75 ME	120 ME	200 ME	250 ME
Объем бункера (м³)	10	15	25	31
Установленная электрическая мощность мод. ME (кВт)	15,4	22	37	47,2
Расход воздуха вентилятором (м³/ч)	11000	28000	40000	53000
Тепловая мощность горелки (ккал/ч)	330000	600000	900000	900000
Производительность сушки (т/сут)				
Кукуруза при снижении влажности с 30 до 14%	45	68	112	140
Пшеница, ячмень при снижении влажности с 20 до 14%	78	117	195	242

Приведенные данные свидетельствуют о том, что производительность сушилки в нашем регионе по причине высокой (до 27%) влажности зернового вороха очень низкая, до 47 тонн в сутки.

Десятилетний опыт эксплуатации и наш мониторинг пяти единиц данного типа сушилок разных производителей в Северо-Западном регионе имеет только отрицательные результаты. Одна сушилка сгорела. Причины отказа от использования: заявленная в рекламных материалах производительность в 2-3 раза ниже реальной, высокий расход топлива на плановую тонну, повышенная запыленность воздуха, пожароопасность.

Как исключение можно приобретать модели данных сушилок для мелких КФХ, обязательно с норией вместо вертикального шнека, теплообменником, широким приемным устройством и системой аспирации; использовать их на стационаре; оборудовать навесом от осадков.

Таблица 2. Фрагмент статистических данных поступления зернового вороха на зерносушилку «Agrex»

Дата	Время	Наименование культуры	Масса вороха, т	Влажность, %
1	2	3	4	5
25.09	15:30	Пшеница	12,6	24,5
	16:00	Пшеница	5,2	21,5
	17:00	Пшеница	5,6	21,9
	17:50	Пшеница	5,0	21,9
	18:10	Пшеница	5,3	24,8
	19:00	Пшеница	9,7	24,8
	19:20	Пшеница	3,6	25,4
Итого			47,0	
26.09		Ячмень	4,2	19,9
	18:40		9,8	19,8
Итого			14,0	
27.09		Ячмень	4,9	20,1
		Ячмень	4,6	19,7
		Ячмень	5,4	21,0
		Ячмень	5,2	22,1
	16:25	Ячмень	5,3	22,0
	16:50	Ячмень	5,0	21,6
	17:25	Ячмень	5,2	20,0
Итого			35,6	
28.09		Ячмень	5,5	24,8
Итого			5,5	
29.09		Ячмень	5,4	
Итого			5,4	

Выводы. Технологическими особенностями мобильных бункерных сушилок, применяемых в сельскохозяйственных организациях Северо-Западного региона, являются:

- периодичность (цикличность) работы с одной партией зерна, определяемой вместимостью сушилки. Цикл состоит из времени загрузки (0,75-1,25 часа), времени сушки (2,5 – 7,5 часа), времени охлаждения (0,5 часа), времени разгрузки, заправки и технического осмотра (1,0 час). Суточная производительность на практике составляет от одной до трех загрузок сушилки;

- в большинстве сушилок применяемый вертикальный шнек травмирует высоковлажное (до 35%) зерно истиранием и дроблением, что сказывается на качественных свойствах семян;

- применяемый теплообменник обладает малым ресурсом, в большинстве сушилок в качестве агента сушки используется смесь воздуха с топочными газами;

- в регионе все мобильные сушилки установлены стационарно, многие дооборудованы навесом от осадков, все приемные устройства модернизированы в условиях хозяйств.

Для конкретных хозяйственных условий сельскохозяйственного предприятия проведены хронометражные работы по оценке работы сушилки Agrex 250. Суточная производительность в условиях рядовой эксплуатации на высоковлажном (21,5 – 27,0%) зерне не превышает 47 т, в отличие от заявленной производителем 147 т или дилером 242 т (с 20-14%).

Литература

1. Перекопский А.Н., Могильницкий В.М. Развитие механизации послеуборочной обработки зерна в Северо-Западном регионе России // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – №3. – С. 7-9.
2. Перекопский А.Н. Карусельная сушилка высоковлажных семян // Сельский механизатор. – 2015 - № 5. - С. 6-7.
3. Авдеев А.В. Агрегаты и комплексы для послеуборочной обработки и хранения зерна и семян: учебно-методическое пособие. - СПб.: СПбГАУ, 2005.
4. Новиков М.А, Ерошенко Л.И. Формирование технологических схем послеуборочной обработки зерна // Технологии и средства механизации сельского хозяйства: сб. науч. тр. – СПб.: СПбГАУ, 2005. – С. 75-78.
5. Смелик В.А., Ерошенко Л.И. Проектирование и строительство пунктов по послеуборочной обработке и хранению продукции растениеводства для типовых хозяйств Северо-Запада // Крупный и малый бизнес в АПК: роль, механизмы взаимодействия, перспективы: Сб. науч. тр. – СПб.: СПбГАУ, 2009. – С. 124.
6. Патент РФ 2118772 Карусельная сушилка для зерна / Смелик В.А., Дианов Л.В, дата подачи заявки: 14.06.1996; дата публикации: 10.09.1998.
7. Зерносушилки Agrex PRT [Электронный ресурс] // Режим доступа <http://selhoztehnik.com/zernosushilki-agrex-prt>. (дата обращения: 9.02.2018).
8. Мобильные зерносушилки PRT 250 [Электронный ресурс] // Режим доступа <http://www.agrex.it/ru/products-ru> (дата обращения: 9.02.2018).

Literatura

1. Perekopsky A.N., Mogil'nickij V.M. Razvitie mekhanizacii posleuborochnoj obrabotki zerna v Severo-Zapadnom regione Rossii // Mekhanizaciya i ehlektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. – 2012. - №3. – S. 7-9.
2. Perekopsky A.N. Karusel'naya sushilka vysokovlazhnyh semyan // Sel'skij mekhanizator. – 2015 - № 5. S. 6-7.
3. Avdeev A.V. Agregaty i komplekсы dlya posleuborochnoj obrabotki i hraneniya zerna i semyan: nauchno-metodicheskoe posobie. – SPb.: SPbGAU, 2005.
4. Novikov M.A, Eroshenko L.I. Formirovanie tekhnologicheskikh skhem posleuborochnoj obrabotki zerna // Tekhnologii i sredstva mekhanizacii sel'skogo hozyajstva: sb. nauch. tr. – SPb.: SPbGAU, 2005. – S. 75-78.
5. Smelik V.A., Eroshenko L.I. Proektirovanie i stroitel'stvo punktov po posleuborochnoj obrabotke i hraneniyu produkciі rastenievodstva dlya tipovyh hozyajstv Severo-Zapada // Krupnyj i malyj biznes v APK: rol', mekhanizmy vzaimodejstviya, perspektivy: Sb. nauch. tr. – SPb.: SPbGAU, 2009. – S. 124.
6. Patent RF 2118772 Karusel'naya sushilka dlya zerna / Smelik V.A., Dianov L.V. data podachi zayavki: 14.06.1996; data publikacii: 10.09.1998.
7. Zernosushilki Agrex PRT [Elektronnyj resurs] // Rezhim dostupa <http://selhoztehnik.com/zernosushilki-agrex-prt>. (data obrashcheniya: 9.02.2018).
8. Mobil'nye zernosushilki PRT 250 [Elektronnyj resurs] // Rezhim dostupa <http://www.agrex.it/ru/products-ru> (data obrashcheniya: 9.02.2018).