

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Е. Михайлов, канд. тех. наук, **А. Белокопытов**, **Н. Задосная**,
Таврический ГАУ

В статье рассмотрены – в работе представлены методологические принципы обоснования параметров технологических процессов послеуборочной обработки зерна с использованием имитационного моделирования. Приведён пример расчета параметров технологического процесса по моделируемому зернокомплексу.

Ключевые слова: *послеуборочная обработка зерна, параметры технологических процессов, имитационное моделирование.*

Актуальность проблемы. Анализ технической оснащенности (ТО) послеуборочной обработки зерна (ПУОЗ), выполненный на базе более чем 140 хозяйств юга Украины (АРК, Запорожской, Херсонской, Николаевской, Одесской и др. областей), выявил следующее состояние зернопроизводства:

Более чем в 95% хозяйств отсутствует поточная технология обработки зерна. Производительность существующих поточных технологических линий обеспечивает обработку в среднем 50-60% поступающего за сутки от комбайнов материала. В отдельных хозяйствах эта цифра опускается до 20-25%. В ряде хозяйств более 50% зернового материала обрабатывается на разрозненных (передвижных) зерноочистительных машинах (ЗОМ), при этом затраты труда увеличиваются в 4–8 раз в сравнении с использованием поточной технологии. Удельные уровни технической оснащенности и энерговооруженности смежных хозяйств одного района (области), которые имеют приблизительно одинаковый валовой сбор зерна, отличаются в 2-3 раза, а затраты труда – до 5 раз.

Лишь в 3-5 % исследованных хозяйств региона есть специальное семяочистительное оборудование и более чем в 80 % не существуют или не используются лаборатории по определению качества зерновых материалов. Наблюдается особо низкий уровень контроля качества функционирования передвижных зерноочистительных машин (ЗОМ).

Разработка проектов для строительства и реконструкции зернотоков проводится без учета фактической производительности ЗОМ и достаточных информационных и методически-расчетных баз для конкретного хозяйства и реальных зональных условий, а это выдвигает задачу разработки и совершенствования методики расчета параметров ТО ПУОЗ.

Анализ последних исследований. Разработанные в Украине и за

границей методики обоснования параметров технологического процесса ПУОЗ не могут быть применены в условиях юга Украины в силу специфики его агроклиматических условий, размеров посевных площадей, урожайности, размеров валового сбора зерна, характеристик зерновых материалов. Кроме того, отсутствуют данные о реальных показателях качества работы ЗОМ в условиях их нормального функционирования, что свидетельствует о необходимости совершенствования методик расчета параметров оборудования зернокомплексов с учетом зональных условий [1 - 6].

Цель исследования – разработка методологических принципов построения перспективных комплексов послеуборочной обработки зерна в аграрных предприятиях юга Украины и обоснование рациональных технологических параметров составляющих их элементов.

Основная часть. Процессы уборки и послеуборочной обработки зерна можно рассматривать в виде процесса функционирования сложной системы, которая относится к классу систем массового обслуживания.

Случайные векторные функции времени влияния на систему представлены в виде

$$F(t) = [f_1(t), f_2(t), \dots, f_n(t)], \quad (1)$$

где $f_1(t)$, $f_2(t)$, ..., $f_n(t)$ – скалярные функции изменения характеристик массы, которую собирают, допускающие возможность влияния на производительность машин функции изменения потерь урожая $d(t)$ в зависимости от времени достижения биологической спелости и функции $c(t)$, которая принимает значение 1 в светлое время и равняется 0 в другом случае [1].

В функцию $d(t)$ могут включаться как физические потери, связанные с самоосыпанием и влиянием рабочих органов уборочных машин на культуры, так и потери, связанные с биологической сохранностью урожая.

За требование или заявку в модели принимается объем собираемой массы, которая вмещается в бункер уборочной машины или транспортного средства.

Как обслуживающие приборы в модели рассматриваются транспортные средства и машинные технологии процесса ПУОЗ.

Если производительность машин зависит от характеристик обрабатываемого материала, то время обслуживания на приборе, который имитирует эту машину, определяется [1] по формуле:

$$\tau_{ij}^k = \frac{m_j}{q_k(P_j)} + \xi_k \quad (2)$$

где m_j – масса j -того требования, кг;
 $q_k(P_j)$ – функция регрессии, которая выражает зависимость производительности машины от характеристик обрабатываемого материала, кг/с;
 P_j – вектор параметров j -того требования (характеристики обрабатываемого материала);

ξ_k – случайная составляющая времени обслуживания, с.

Для машин и оборудования, производительность которых не зависит от

обрабатываемых материалов, время обслуживания требований на соответствующих им приборах определяется распределением случайной величины времени обслуживания.

Срок хранения свежесобранного зернового материала ограничен. Это ограничение задается функцией времени допустимого хранения без обработки $T_{\text{доп}(P)}$.

Эффективность функционирования комплекса машин и оборудования для ПУОЗ определим следующими показателями:

$$e_1 = 1 - \frac{G_{PP}}{G}, \quad (3)$$

где e_1 – недопустимость сосредоточения зерна на резервной площадке;
 G – общее количество обрабатываемого материала, доставленное транспортными средствами на послеуборочную обработку, т;

G_{pp} – количество материала, не принятого на обработку в технологическую линию из-за ее перегрузки, т;

$$e_2 = 1 - \frac{G_{CB}}{G}, \quad (4)$$

где e_2 – необходимость предотвращения потерь зерна из-за его несвоевременной обработки;

G_{CB} – количество материала, обработанного на протяжении заданного срока, т.

В момент прибытия транспортного средства с порцией обрабатываемого материала показатель e_1 представляет вероятность того, что в приемном устройстве будет довольно места для размещения этой порции.

Время хранения обрабатываемого материала ограничено и регламентируется показателем e_2 . Если время хранения превышает допустимый (особенно это касается процессов уборки риса или зерна в южных районах Украины), может наступить самосогревание и порча зерна. В этом случае фиксируется технологический отказ, связанный с превышением времени хранения обрабатываемого материала.

Эффективность функционирования комплекса определяется совокупностью показателей:

$$E_k = (e_1, e_2, e_{ПЗ}), \quad (5)$$

где e_1, e_2 – показатели эффективности функционирования комплекса;

$e_{ПЗ}$ – показатель приведенных затрат, грн/т. Каждый вариант комплекса характеризуется вектором

$$E_K(A_i) = (e_1(A_i), e_2(A_i), e_{ПЗ}(A_i)), \quad (6)$$

где A_i – вариант комплекса.

Для принятия решения о выборе варианта комплекса воспользуемся критерием, который представлен в виде функции от вектора показателей эффективности функционирования:

$$E_3 = f(e_1, e_2, e_{ПЗ}). \quad (7)$$

В теории больших систем разработан целый ряд методов построения интегральных критериев [21]. Для решения нашей системы воспользуемся методом, основанным на том, что один из показателей эффективности принимается в качестве обобщенного, а все другие учитываются в виде ограничений.

Показатель приведенных затрат $e_{ПЗ}$ примем как обобщенный критерий, а показатели эффективности функционирования e_1, e_2 – как ограничение.

Поставленная задача является задачей математического программирования (соисполнитель В. М. Дегтев) [1].

В литературе по статистическому моделированию [2,3] приводятся разные методы решения аналогичных задач: метод наилучшей пробы, градиентные методы и др. Для поставленной задачи, на наш взгляд, наиболее целесообразным является использование итерационной процедуры покомпонентной оптимизации И.П. Бусленко [3].

Методологические приемы обоснования параметров ТО ПУОЗ содержат в себе следующие этапы [1].

1. Сбор и обработка данных для построения моделей внешних возмущений (функций $F(t), c(t), d(t)$).

Необходим систематический сбор данных на зональных машиноиспытательных станциях и в хозяйствах, который определяет условия функционирования рассматриваемых систем.

2. Построение регрессионных зависимостей производительности машин для ПУОЗ, характерных для рассмотренной зоны.

3. Трансляцию моделей – разработку моделирующего алгоритма и программы для ЭВМ.

В этой ситуации следует отдать предпочтение специализированным языкам моделирования, таким, как, например, моделирование систем массового обслуживания, которые позволяют облегчить процессы разработки и использования программ.

4. Планирование машинных экспериментов с разработанными моделями. Они могут быть использованы для решения задач анализа влияния разных факторов на процесс функционирования зернокомплекса, и решения задач синтеза - обоснование значений параметров машин и оборудования.

Каждый вариант комплекса представлен определенным набором параметров [1]:

- расчетной производительностью машин и оборудования для ПУОЗ, т/ч;
- вместительностью приемного устройства зернокомплекса, m^3 ;
- вместительностью межоперационных накопителей, m^3 .

После того, как моделирующая программа разработана, составляется план реализации экспериментов и проводятся расчеты по обоснованию параметров комплекса для послеуборочной обработки зерна для региональных условий.

Коэффициенты суточного использования нории (0,487) и МПО (0,706) тоже вполне удовлетворительные (табл. 6.3).

Среднее содержимое ЗЯ получилось равным 12,86 требования, и если проанализировать распределение содержимого, то увидим, что даже такой объем ЗЯ обеспечит поточность всего в пределах 50%. Объемы ЗЯ, емкостей ОБВХ перед МПО, МПрО и общий объем составляют соответственно 77,16; 188,04; 4,56; и 200,82 м³.

Если же принять достаточным обеспечение вероятности на 90% то нужно проектировать завальную яму ЗЯ приблизительно на 30 требований. Это отходит от реальности, поэтому в другом варианте возьмем норию другого типоразмера и увеличим ширину (производительность) рабочего органа МПО.

Для обеспечения поточности на 90%, нужен общий объем ОБВХ приблизительно на 55 требований. Это технологически и конструктивно возможно, поэтому для первого варианта пропускную способность отделения предварительной очистки изменять не будем (оставим одну МПО).

Таблица 2 – Результаты моделирования по вариантам 0,1,2

Оборудование	Варианты		
	0	1	2
Значение коэффициента суточного использования оборудования			
Нория	0.487	0.362	0.351
МПО	0.866	0.424	0.413
МПрО	0.706	0.720	0.356

Объемы емкостей

(количество требований × вместительность транспортного средства = объему емкости)

ЗЯ	12.86×6.0=77.16	3.85×6.0=23.1	3.2×6.0=19.68
ОБВХ перед МПО	31.34×6.0=188.04	4.31×6.0=25.86	4.76×6.0=28.56
ОБВХ перед МПрО	0.76×6.0=4.56	19.46×6.0=116.76	0.44×6.0=2.64
Общий объем ОБВХ	33.47×6.0=200.82	24.58×6.0=147.8	6.03×6.0=36.18

Вариант 1. Коэффициент суточного использования МПО – 0,424 уменьшился вдвое, что произошло вследствие уменьшения потребного объема ЗЯ.

Коэффициент использования нории (0,362) немного снизился, а Мпро практически не изменился (0,720).

Если для этого варианта прогнозировать распределение количества требований в ЗЯ, то их среднее значение снижается до 3,85 и вероятность того, что предварительной очистки будет ожидать 8 требований

обрабатываемого материала, равняется 83,81%, а для 12 требований – соответственно 92,93%. Объемы ЗЯ, емкостей ОБВХ перед МПО, МПрО и общий объем составляют соответственно – 23,1; 25,86; 116,76; 147,8 м³.

Поскольку в этом варианте в ОБВХ перед МПрО сосредоточивает 116,76 м³ зернового материала, введем во втором варианте дополнительно еще одну МПрО.

Вариант 2. В этом случае коэффициенты суточного использования нории и МПО остались практически без перемен (соответственно -0,351 и 0,413). Вместе с тем, для МПрО значение коэффициента снизилось до 0,356.

Результаты моделирования по вариантам 0,1,2 представлены в табл. 2.

По результатам наших исследований эта величина должна находиться на уровне не ниже 0,7–0,8.

Распределение количества требований в завальной яме показывает, что среднее значение составляет 3,28 и вероятность того, что на предварительную очистку будет направлено 3,28 требования, составляет 76,25%, а для 8 требований – соответственно 91,93%.

Объемы завальной ямы (ЗЯ), емкостей отделения бункеров временного хранения (ОБВХ) перед машиной предварительной очистки (МПО), машиной первичной очистки (МПрО) и общий объем емкостей будут составлять (соответственно): 19,68; 25,65; 2,64; 36,18 м³.

Анализируя варианты 1и 2 в отношении ОБВХ перед МПО можно сделать вывод, что эта проблема устранима за счет увеличения ширины (производительности) рабочего органа МПО до 160–170 см., т.е. необходимость хранения зерна на открытых площадках отпадает.

Наиболее приемлемым является вариант 1. В этом случае объем ОБВХ перед МПрО обеспечит работу машины после прекращения поступления зерна от комбайнов на протяжении 5–6 часов.

Учитывая распределение валового сезонного сбора зерна по хозяйствам можно сделать вывод, что емкости для временного хранения зерна должны начинаться с модуля вместительностью от 100 м³ и больше.

В индивидуальных случаях возможно обоснование и меньшего объема ОБВХ, однако это не характерно, и, при необходимости, расчеты покажут несомненную тенденцию к их увеличению.

В результате выполненных в шестом разделе исследований установлено следующее.

Выводы:

1. Разработанная методика расчета параметров оборудования поточных линий ПУОЗ с использованием метода имитационного моделирования и вероятностно-статистических методов позволяет производить моделирование с целью определения производительности входящих в технологическую цепочку машин, емкостей и междуоперационных накопителей, которые обеспечивают работу комплекса в заданных условиях.

2. На основе разработанной методики приведен пример расчета

параметров оборудования поточных линий моделируемого зернокомплекса: количества и производительности норий; общей ширины рабочих органов МПО; количества и производительности МПрО; вместительности ЗЯ и ОБВХ, которые с заданной вероятностью, 90% и больше, обеспечивают поточность процесса при условии минимума приведенных затрат.

Литература

1. Михайлов Є.В. Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України / Є.В. Михайлов Мелітополь: Люкс. 2012. - 260 с. (монографія)
2. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем - искусство и наука / Р. Шеннон. - М.: Мир, 1978.-418 с.
3. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко.- М.: Наука, 1968. – 365 с.
4. Скирта Б.К. Имитационное моделирование в управлении сельскохозяйственным производством/ Б.К. Скирта – К.: Вища шк., 1990.- 206 с.
5. Пичугина О.С. Имитационное моделирование в оценке надежности сложных технических систем. / О.С. Пичугина // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2005.- №3.- с. 138-141.
6. Манасян С.К. Имитационное моделирование процессов сушки зерна в зерносушилках сельскохозяйственного назначения: дис...докт. техн. наук/ С.К. Манасян. – Красноярск. – 2008.- 350 с.

Анотація

У статті розглянуто методологічні прийоми обґрунтування параметрів технологічних процесів післязбиральної обробки зерна з використанням імітаційного моделювання. Наведено приклад розрахунку параметрів технологічних процесів модельованого зернокомплексу.

Summary

The article considers the methodological techniques of postharvest grain processing technological processes parameters justification using simulation modeling. An example of the modeled grain complex technological processes parameters calculation is given.