

петенциями, позволяющими снизить уровень травматизма и профессиональных заболеваний в отрасли, а также выполнить требования нормативных правовых документов.

Институт повышения квалификации и переподготовки кадров УО БГСХА вносит значительный вклад в переподготовку по специальности 1-59 01 05 Охрана труда в сельском хозяйстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андруш, В. Г. Подготовка специалистов по охране труда в Республике Беларусь / В. Г. Андруш, В. Н. Босак // Охрана труда. – 2016. – № 6. – С. 25–27.
2. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека: особенности преподавания и методическое обеспечение / В. Н. Босак // Высшее техническое образование. – 2017. – № 1. – С. 40–45.
3. Босак, В. Н. Состояние и перспективы подготовки по охране труда в аграрных вузах / В. Н. Босак // Аграрная политика Союзного государства: опыт, проблемы, перспективы: материалы Междунар. науч.-практ. конф.; Горки, 6–7 сент. 2018 г. / БГСХА; ред.: П. А. Саскевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2018. – С. 107–111.
4. Государственная программа «Социальная защита и содействие занятости населения на 2016–2020 год» (подпрограмма 2 «Охрана труда»): постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30.01.2016 г. № 73 [Электронный ресурс]. – Минск, 2018. – Режим доступа: <http://pravo.by>. – Дата доступа: 05.10.2018.
5. Министерство труда и социальной защиты Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Минск, 2018. – Режим доступа: <http://mintrud.gov.by>. – Дата доступа: 05.10.2018.
6. Повышение качества подготовки специалиста по охране труда / В. Г. Андруш [и др.] // Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала для инновационного развития АПК. – Минск: БГАТУ, 2017. – С. 194–197.

УДК 631.362.3:633.491

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗДЕЛЕНИЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ НА ФРАКЦИИ РОЛИКОВОЙ КАЛИБРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

В. Н. ЕДНАЧ, канд. техн. наук;
В. П. ЧЕБОТАРЕВ, д-р техн. наук, профессор;
М. М. ДЕЧКО, канд. техн. наук, доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
Минск, Республика Беларусь

Введение. Основными показателями качества работы картофелесортировальных машин являются точность разделения на фракции, производительность калибрующей поверхности и степень поврежденных, которые получают клубни при калибровке.

Основная часть. В БГАТУ проведен цикл экспериментальных исследований для оценки эффективности работы калибрующей поверхности картофелесортировальных машин с продольным расположением роликов. Целью работы являлось изучение влияния конструкционных и технологических факторов калибрующей поверхности на количественные и качественные показатели процесса разделения картофеля на фракции.

Опыты проводились на лабораторной установке с продольным положением роликов калибрующей поверхности. Процесс разделения осуществлялся по толщине клубней. Конструкция установки позволяет получить разный шаг изменения рабочих параметров калибрующей поверхности и подающего транспортера для реализации многофакторных экспериментов [2].

С позиции системного анализа калибрующее устройство можно представить в виде сложной кибернетической многомерной системы с входом и выходом [1]. Выходной блок этой системы представляет собой агротехнические показатели разделения клубней по фракциям, оцениваемые коэффициентом точности сортирования.

Входной блок включает управляющие факторы, влияющие на выходные показатели системы. Исследование функционирования таких систем сводится к установлению и анализу математических моделей зависимости агротехнических показателей качества работы калибрующего устройства от входных факторов.

Входной блок математической модели калибрующей поверхности включает три группы факторов:

- кинематические: i – передаточное отношение механизма привода роликов;

- конструктивные: α , град – угол наклона калибрующей поверхности; L – рабочая длина калибрующей поверхности, м;

- технологические: q – секундная подача картофельного вороха, кг/с.

Выходными параметрами модели являются: K_j – коэффициент точности сортирования по каждой фракции; Π_j – коэффициент степени повреждений клубней.

Эти коэффициенты вычисляем следующим образом:

$$K_j = \frac{q_{j3}}{q_j} 10^2, \quad \Pi_j = \frac{q_{jn}}{q_j} 10^2,$$

где q_{j3} – масса картофеля j -й фракции в пределах ее требований, кг;

q_j – общая масса клубней выделенных в данную фракцию, кг;

q_{jn} – масса поврежденных клубней картофеля в j -й фракции, кг.

Оценка повреждений клубней при калибровке проводилась по установленной методике. При проведении опытов использовали картофель, убранный вручную. После проведения каждого опыта отбирали поврежденные клубни в каждой пробе.

Математическая модель, описывающая зависимость между входными факторами и выходными параметрами процесса сортирования, представлена в виде уравнения регрессии второго порядка. Для проведения экспериментов выбран ортогональный центральный композиционный план для факторов $X_1 - X_3$, выполненный тремя блоками для каждого уровня фактора X_4 .

Так как при каждом эксперименте определены показатели точности калибрования и повреждаемости по средней и крупной фракциям, целесообразно статистически оценить влияние фракции на эффекты факторов. Для этого введен в модель 2-уровневый качественный фактор X_5 , значение которого -1 соответствует средней фракции, а $+1$ – крупной фракции.

Уровни варьирования факторов в точках плана эксперимента

Уровни варьирования	Нормированные значения	Факторы				X_5 (фракция)
		X_1 (i)	X_2 (α), град	X_3 (q), кг/с	X_4 (L), см	
		Натуральные значения				
Верхний	+1	45	0,9	3,61	120	крупная
Основной	0	30	0,8	2,92	80	–
Нижний	-1	15	0,7	2,23	60	средняя

В результате статистической обработки данных эксперимента получены адекватные уравнения регрессии, определяющие зависимость точности разделения клубней картофеля на фракции и степени их поврежденности от варьируемых факторов в нормированных координатах. Точность выделения клубней в соответствующую фракцию K_j и доля повреждений Π_j , наносимых клубням рабочими органами в процессе разделения:

$$K_j = \frac{100}{e^{R_k(X_1, \dots, X_5)} + 1}, \quad \Pi_j = \frac{100}{e^{R_{\Pi}(X_1, \dots, X_5)} + 1}$$

$$R_k = -2,65 + 0,27X_1 + 0,16X_2 - 0,90X_3 + 0,59X_1^2 + 0,33X_3^2 + 0,17X_1X_4 + 0,45X_1X_5 + \\ + 0,26X_2X_5 + 0,20X_3X_5 - 0,37X_4X_5 + 0,49X_1^2X_5 - 0,23X_1X_3X_4 - \\ - 0,17X_1X_3X_5 + 0,26X_2^2X_4$$

$$R_{II} = 4,21 - 0,26X_4 + 0,53X_5 - 0,44X_1^2 - 0,25X_3^2 - 0,15X_4^2 - 0,28X_1X_5 + \\ + 0,14X_2X_4 - 0,08X_3X_5 + 0,27X_4X_5 - 0,47X_1^2X_5 + 0,15X_1X_3X_5 + \\ + 0,16X_2^2X_4$$

При анализе калибрования выделялись два критерия качества процесса: точность выделения фракций и доля поврежденных клубней. Как правило, в многокритериальных системах значения факторов оптимальные по различным критериям не совпадают, поэтому приходится выбирать некоторое компромиссное решение. Для этого решение задачи оптимизации проводили в 2 этапа: определяли оптимальные значения факторов по каждому из критериев, а затем выполняли анализ возможных компромиссных решений.

Выводы. Установлены оптимальные параметры калибрующей поверхности обеспечивающие высокую точность разделения клубней картофеля на фракции (98...99 % для крупной, 87...91 % для средней): длина поверхности при выделении средней (проходящей) фракции 60 см при угле от 17° до 48°, выделении крупной фракции на поверхности длиной 120 см и угле наклона от 26° до 28°.

Оптимальным кинематическим режимом для выделения крупной фракции является передаточное отношение между роликками $i = 0,68$ для средней 0,82.

Получено оптимальное решение, позволившее определить параметры при которых точности калибрования обеих фракций наиболее близки к максимальным значениям 96 % для крупной и 89 % для средней фракций. При этом длина калибрующей поверхности составила 60 см, при угле наклона в 30°, передаточном отношении 0,8 и подаче вороха 3 кг/с.

Уровень повреждений при оптимальных режимах работы калибратора для крупной фракции до 1 %, для средней (проходящей) до 1,6 %, что не превышает допустимых значений в 2 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 278 с.
2. К вопросу определения рабочих параметров роликовых сортировальных поверхностей / Ю. М. Урамовский [и др.] // Агропанорама. – 2013. – № 3. – С. 6–8.