

3. Дорофеев, Н.С. Исследование процесса двухстадийного измельчения зерна: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Н.С. Дорофеев; Воронежский с.-х. институт. – Воронеж, 1967.
4. Одегов, В.А. Обоснование параметров и режимов работы плющилки влажного зерна: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / В.А. Одегов; Зон. Науч.-исслед. ин-т с/х Сев-Восточ. им Н.В. Рудницкого. – Киров, 2005. – 187 с.
5. Сундеев, А.А. Процесс измельчения фуражного зерна и его развитие / А.А. Сундеев // Механизация подготовки кормов в животноводстве: сб. науч. тр. – Воронеж: Изд-во ВСХИ, 1984. – С. 5–19.
6. Елисеев, В.А. Двухстадийные вальцовые мельницы / В.А. Елисеев, Н.С. Дорофеев // Сельскохозяйственное производство Северного Кавказа ЦЧО. – 1966. – № 1. – С. 76.
7. Шагдыров, И.Б. Технология и параметры многоступенчатых измельчителей фуражного зерна с внутренней сепарацией: дис. ... д.-ра техн. наук: 05.20.01 / И.Б. Шагдыров; ФГБОУ ВПО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова». – Новосибирск, 2013.
8. Воробьев, Н.А. Площение фуражного зерна вальцами с рифлено-ступенчатой рабочей поверхностью: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Н.А. Воробьев // БГАТУ. – Минск, 2009.
9. Дашков, В.Н. Методика обоснования параметров двухстадийного измельчителя зерна / В.Н. Дашков, Н.А. Воробьев, С.А. Дрозд // Вестник БГСХА. – 2014. – № 2. – С. 190–193.
10. Леонов, А.Н. Основы научных исследований и моделирования: учебно-методический комплекс / А.Н. Леонов, М.М. Дечко, В.Б. Ловкис. – Минск: БГАТУ, 2010. – 276 с.

УДК 631.363.21

А.В. Вашула

*(ГУ «Белорусская МИС», п. Привольный,
Минская обл., Республика Беларусь);*

Н.А. Воробьев, А.В. Захаров,

В.Н. Савинных, С.А. Дрозд

(УО «БГАТУ»,

г. Минск, Республика Беларусь)

**МЕТОДИКА КАЛИБРОВКИ
ТЕНЗОДАТЧИКА ПРИ
ИССЛЕДОВАНИИ ВЛИЯНИЯ
МЕЖВАЛЬЦОВОГО ЗАЗОРА
НА РАСПОРНОЕ УСИЛИЕ
МЕЖДУ ВАЛЬЦАМИ
ПЛЮЩИЛКИ**

Введение

Измерение сил, возникающих при работе сельскохозяйственных механизмов и машин, является необходимым условием совершенствования их конструкции. Немаловажным показателем при площении зерна является распорное усилие, воздействующее на вальцы плющилки. Исследование распорного усилия производится при помощи тензодатчиков, с предварительной калибровкой. При этом важно знать неопределенность измерения – численную величину измеряемого параметра и характеристику разброса значений измеряемой величины.

Методика калибровки тензометрического датчика

Цель работы – определение распорного усилия между вальцами в зависимости от межвальцового зазора.

Содержание работы. Методика определяет требования к методам и средствам калибровки тензометрического силового датчика, к оформлению результатов калибровки, регламентирует порядок оценки неопределенности измерения распорного усилия тензометрическим силовым датчиком.

Операции и средства калибровки. При проведении калибровки тензометрического силового датчика выполняются операции и применяются средства калибровки, указанные в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень необходимых операций и применяемые средства при калибровке тензометрического силового датчика

Операции	Средства калибровки и их основные метрологические характеристики
1. Внешний осмотр, составление и подготовка рабочей схемы к измерению. 2. Опробование (проверка функционирования схемы). 3. Определение метрологических характеристик. 4. Определение погрешности показаний тензодатчика на сжатие.	1. Стенд СГ-5 для градуировки и проверки тензодатчиков. 2. Динамометр образцовый сжатия ДОСМ-5, ГОСТ 9500–84, 5–50 кН, 3-й разряд. 3. Тензодатчик на сжатие, балансировочная клеммная коробка, измеритель цифровой.

Опробование (проверка функционирования). При опробовании калибруемый тензодатчик сжатия 1, согласно рисунку 49, устанавливается на динамометре образцовом сжатия 2. Затем устанавливается ноль на индикаторе 5 образцового динамометра 2. Вращением штурвала 3 стенда 4 добиваемся изменения показаний образцового динамометра 2.

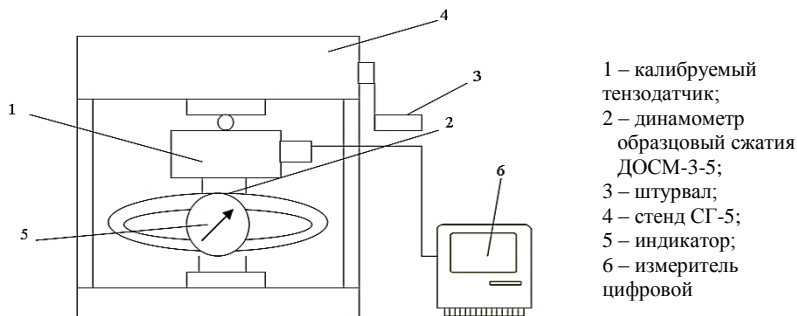


Рисунок 49 – Схема калибровки тензометрического силового датчика сжатия

Цифровой измеритель 6 позволяет измерить сигнал и фиксировать текущее значение нагрузки на дисплее и запоминать ее в энергонезависимой памяти прибора.

При опробовании проверяем диапазон нагрузок. При этом штурвал 3 должен вращаться плавно, без заеданий, не должно наблюдаться перекосов в схеме сжатия.

Определение метрологических характеристик. Определение погрешности показаний тензометрического силового датчика и расширенной неопределенности выполняется путем сравнения показаний калибруемого тензодатчика с показаниями образцового динамометра ДОСМ-3-5.

На стенде задается усилие, фиксируемое образцовым динамометром, соответственно, фиксируется цифровой выходной сигнал с тензометрического силового датчика. Результаты измерений каждой ступени нагружения фиксируются и заносятся в таблицу 12.

Таблица 12 – Результаты тарировки тензометрического силового датчика

Нагрузка, G_j , кН	Результаты измерений, P_i , кН	Среднее значение усилия, P_i , кН	Дисперсия усилий, $S^2(P_i)$	Стандартное отклонение, $S(P_i)$, кН	Стандартная неопределенность, $u_c(P_i)$, кН
0	0	–	–	–	–
10	9,94; 9,96; 9,93; 9,95; 10,04; 10,06; 10,03; 10,07	9,9975	0,003364	0,058	0,021
20	19,92; 19,95; 19,93; 19,98; 20,04; 20,05; 20,07; 20,06	19,9975	0,003993	0,063	0,022
30	29,96; 29,95; 29,95; 29,92; 30,03; 30,04; 30,05; 30,08	29,9975	0,003478	0,059	0,021
40	39,92; 39,94; 39,90; 39,98; 40,06; 40,06; 40,05; 40,07	39,9975	0,004993	0,071	0,025
50	49,90; 49,96; 49,94; 49,92; 50,06; 50,08; 50,02; 50,08	49,995	0,005457	0,074	0,026

На основании полученных данных измерений произведен расчет среднего арифметического значения измерения калибруемого силового тензодатчика в принятом интервале нагрузок, определены экспериментальная дисперсия измерений, а также экспериментальное стандартное отклонение и стандартная неопределенность для интервала нагрузок 10, 20, 30, 40, и 50 кН.

Проведенная проверка дисперсий на однородность по критерию Кохрена показала, что дисперсии являются однородными [1]:

$$g = \frac{0,005457}{(0,003364 + 0,003993 + 0,003478 + 0,004993)} = 0,3447 < 0,4564 = g_{0,95},$$

и в дальнейших расчетах может быть использована средневзвешенная дисперсия $S_2 = 0,004257$ ($f = 35$). Соответственно, получим стандартное отклонение $S(P) = 65 \text{ Н}$ и стандартную неопределенность $u_c(P_i) = 23 \text{ Н}$ для принятого интервала нагрузок по типу неопределенности А.

Оценка погрешности эталонного динамометра проводилась от значения входной величины, равной 0,3 % от измеренного значения нагрузки. Погрешность оператора определена от значения входной величины, равной 0,2 цены деления шкалы 0,5 кН. Стандартная неопределенность по типу неопределенности В при прямоугольном виде распределения найдена по формуле:

$$u(\Delta P_i) = \Delta P_i / \sqrt{3}.$$

Суммарная стандартная неопределенность определялась по формуле:

$$u_c(\Delta P_i) = \sqrt{u^2(\bar{P}_i) + u^2(P_s) + u^2(\Delta P_0)}.$$

Результаты вычислений стандартной неопределенности и суммарной стандартной неопределенности представлены в таблице 13, там же приведены процентные вклады неопределенности и расширенная неопределенность измерений при $k = 2$, $p = 0,95$ % в принятом интервале нагрузок, которая рассчитывалась по формуле:

$$U(\Delta F) = k \cdot u_c(\Delta P).$$

Таблица 13 – Бюджет неопределенности

Входная величина, X_i	Значение, $P_i, \text{Н}$	Тип неопределенности	Распределение вероятностей	Стандартная неопределенность, Н	Коэффициент чувствительности	Вклад неопределенности, %
1	2	3	4	5	6	7
а) в точке шкалы эталонного динамометра 10 000 Н						
Среднее значение по калибруемому динамометру, $P_i, \text{Н}$	9997,5	А	Нормальное	21	1	11,0
Погрешность эталона, $\Delta P_s, \text{Н}$	30	В	Прямоугольное	17	1	7,3
Погрешность оператора, $\Delta P_o, \text{Н}$	100	В	Прямоугольное	58	1	81,7
Суммарная неопределенность, $u_c(\Delta P) = 68 \text{ Н}$						
Расширенная неопределенность $U = k u_c(\Delta P) = 2 \times 68 = 136 \text{ Н}$						

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7
б) в точке шкалы эталонного динамометра 20 000 Н						
Среднее значение по калибруемому динамометру, $P_i, Н$	19997,5	А	Нормальное	22	1	9,7
Погрешность эталона, $\Delta P_э, Н$	60	В	Прямоугольное	35	1	23,9
Погрешность оператора, $\Delta P_о, Н$	100	В	Прямоугольное	58	1	66,4
Суммарная неопределенность, $u_c(\Delta P) = 71 Н$						
Расширенная неопределенность $U = k u_c(\Delta P) = 2 \times 71 = 142 Н$						
в) в точке шкалы эталонного динамометра 30 000 Н						
Среднее значение по калибруемому динамометру, $P_i, Н$	29997,5	А	Нормальное	21	1	6,8
Погрешность эталона, $\Delta P_э, Н$	90	В	Прямоугольное	52	1	41,6
Погрешность оператора, $\Delta P_о, Н$	100	В	Прямоугольное	58	1	52,6
Суммарная неопределенность, $u_c(\Delta P) = 80 Н$						
Расширенная неопределенность $U = k u_c(\Delta P) = 2 \times 80 = 160 Н$						
в) в точке шкалы эталонного динамометра 40 000 Н						
Среднее значение по калибруемому динамометру, $P_i, Н$	39997,5	А	Нормальное	25	1	7,1
Погрешность эталона, $\Delta P_э, Н$	120	В	Прямоугольное	69	1	54,8
Погрешность оператора, $\Delta P_о, Н$	100	В	Прямоугольное	58	1	38,1
Суммарная неопределенность, $u_c(\Delta P) = 94 Н$						
Расширенная неопределенность $U = k u_c(\Delta P) = 2 \times 94 = 188 Н$						
в) в точке шкалы эталонного динамометра 50 000 Н						
Среднее значение по калибруемому динамометру, $P_i, Н$	49997,5	А	Нормальное	26	1	5,9
Погрешность эталона, $\Delta P_э, Н$	150	В	Прямоугольное	86	1	65,1
Погрешность оператора, $\Delta P_о, Н$	100	В	Прямоугольное	58	1	30,0
Суммарная неопределенность, $u_c(\Delta P) = 109 Н$						
Расширенная неопределенность $U = k u_c(\Delta P) = 2 \times 109 = 218 Н$						

Полный результат измерений состоит из оценки измеряемой величины и расширенной неопределенности и представляется в форме с указанием единиц измерения.

Результаты исследования распорного усилия между вальцами плющилки

Исследование влияния зазора и влажности на распорное усилие между вальцами проводилось при обработке зерна озимой ржи на плющилке ПВЗ-10. Оценивали влияние влажности зерна и межвальцового зазора на процесс плющения по величине распорного усилия P , кН, и качеству плющения – средняя толщина хлопьев должна находиться в пределах 1,1–1,8 мм.

При определении распорного усилия обеспечивался такой режим подачи зернового материала, при котором межвальцовый зазор постоянно заполнен зерном по всей длине вальца.

На рисунке 50 представлена зависимость распорного усилия от влажности зерна при разных значениях межвальцового зазора, которая показывает, что с увеличением влажности зерна распорное усилие снижается, и тем больше, чем меньше зазор между вальцами.

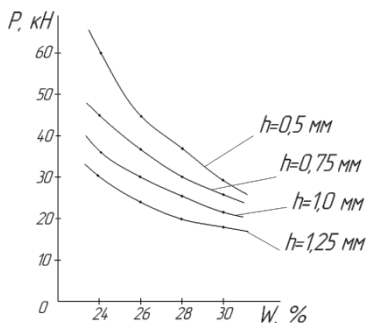


Рисунок 50 – Зависимость распорного усилия от влажности зерна

Так, при зазоре между вальцами 1,25 мм распорное усилие при увеличении влажности с 24 до 30 % снижается с 30,1 до 17,5 кН, т. е. в 1,72 раза, а при зазоре 0,5 мм распорное усилие снижается с 60 до 29,1 кН, т. е. в 2,06 раза.

При этом рост влажности зерна свыше 30 % и уменьшение зазора более 1,25 мм приводят к тому, что в измельченном зерне попадают нерасплющенные зерна (целое зерно), а также наблюдается восстановление плющеного зерна

(в результате релаксации напряжений, вызванных сжатием под воздействием распорного усилия) до исходных размеров.

Учитывая, что толщина плющеного зерна должна находиться в интервале от 1,1 до 1,8 мм [2], рекомендуется устанавливать межвальцовый зазор, не превышающий 0,8 мм, при котором обеспечивается толщина плющеного зерна, не превышающая 1,8 мм, при влажности зерна от 22 до 30 %.

Заключение

Разработаны методика и стенд калибровки тензометрического силового датчика сжатия. В принятом интервале нагрузок определена стандартная неопределенность по типу неопределенности А и В. Определена суммарная неопределенность, вклады неопределенностей, рассчитана расширенная неопределенность. Проведены замеры распорного

усилия при межвальцовом зазоре от 0,5 до 1,25 мм в диапазоне влажности зерна от 22 до 30 %. Наблюдается общая тенденция снижения распорного усилия с увеличением зазора между вальцами и повышением влажности зерна.

01.09.2014

Литература

1. Леонов, А.Н. Основы научных исследований и моделирования: учебно-методический комплекс / А.Н. Леонов, М.М. Дечко, В.Б. Ловкис – Минск: БГАТУ, 2010. – 276 с.
2. Гусаков, В.Г. Организационно-технологические нормативы производства продукции животноводства и заготовки кормов: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т экономики НАН Беларуси, Центр аграр. экономики; разраб. В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 283 с.

УДК 636.085:7:631.363.21

**В.И. Коновалов, И.Б. Шагдыров,
М.Б. Балданов**

*(ФГБОУ ВПО «Бурятская
государственная сельскохозяйственная
академия им. В.Р. Филиппова»,
г. Улан-Удэ, Республика Бурятия);*

А.И. Пунько

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси по
механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

**АНАЛИЗ ПРОЦЕССА
ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ
ФУРАЖНОГО ЗЕРНА
В ОДНОВАЛЬЦОВО-
ДЕКОВОМ
ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕ**

Введение

Несовершенство рабочих органов одновальцово-декового измельчителя приводит к неоднородности гранулометрического состава готового продукта [1]. Если недоизмельченные частицы после просева можно вернуть на повторное измельчение, то с переизмельченными этого сделать нельзя. Они являются мерой несовершенства процесса, приводящего к излишним энергозатратам, плохо усваиваются организмом животного.

Поэтому как оценочные показатели эффективности технологического процесса измельчения зерна на одновальцово-дековом измельчителе и качества измельченного материала были взяты удельная энергоемкость при дроблении частиц \mathcal{E} ($Вт \cdot ч/кг$) и модуль помола M (мм) [2].

При исследовании конструкции измельчающей машины применялись аналитические, графоаналитические и экспериментальные методы с целью обоснования технологического процесса измельчения зерна, предложенной математической модели и параметров одновальцово-декового измельчителя [3].