

# О ВЛИЯНИИ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ОЧЕСЫВАЮЩЕЙ ЖАТКИ, НА КАЧЕСТВО ВЫПОЛНЯЕМОГО ПРОЦЕССА

## THE INFLUENCE OF THE PROPERTIES OF MATERIALS USED TO MAKE THE WORKING BODIES OF THE STRIPPER HEADER ON THE QUALITY OF THE PERFORMED PROCESS

**М.А. БУРЬЯНОВ**, к.т.н.  
**И.В. ЧЕРВЯКОВ**  
**А.И. БУРЬЯНОВ**, д.т.н.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Аграрный научный центр «Донской»»,  
Зерноград, Россия, burjanov2015@yandex.ru

**M.A. BUR'YANOV**, PhD in Engineering  
**I.V. CHERVYAKOV**  
**A.I. BUR'YANOV**, DSc in Engineering

Federal State Budget Scientific Institution «Agrarian  
Science Center «Donskoy», Zernograd, Russia,  
burjanov2015@yandex.ru

Цель исследований – разработка основных положений методики определения влияния свойств материалов, на примере стали и СВМПЭ, при их применении для изготовления или покрытия наружной и внутренней поверхности обтекателя и очесывающих зубьев жатки, на качество выполняемого ею процесса. В статье использованы зависимости и закономерности, являющиеся составными частями разработанной ранее математической модели процесса очеса зерновых культур однобарабанной жаткой. В результате решения уравнений получены данные о нормальной и тангенциальной составляющих скорости движения колоса и зерна после контакта с испытуемыми поверхностями. При контакте с наружной поверхностью обтекателя отдается предпочтение материалу, движение по которому сопровождается меньшим значением силы трения. При отскоке от очесывающего зуба и внутренней поверхности обтекателя лучшим является материал, скорость отскока зерна от которого выше. Значение нормальных усилий, прижимающих колос озимой пшеницы к контактирующей поверхности, определяли на экспериментальной установке, моделирующей процесс очеса жаткой. Коэффициенты трения покоя и движения и коэффициент восстановления при контакте с поверхностями из стали и СВМПЭ колосьев и зерна озимой пшеницы определяли при ее влажности 9%. Установлено, при скорости жатки 3 м/с сила трения, прижимающая колос к наружной поверхности обтекателя из СВМПЭ, в 1,75 раза меньше, чем из стали. После контакта с зубом скорость отскока зерна выше, если он изготовлен из стали. Для принятых характеристик убираемых растений и режимов работы жатки, при контакте зерна с внутренней поверхностью обтекателя из СВМПЭ в пределах угла трения, потеря скорости зерна после соударения меньше, чем по стали, за исключением контакта при прямом ударе. Компенсация снижения скорости при прямом ударе о внутреннюю поверхность обтекателя, выполненного из СВМПЭ, может достигаться изменением угла наклона очесывающих зубьев на барабане.

**Ключевые слова:** очес, жатка, материал рабочих органов жатки, зерновые колосовые, удар, энергия восстановления, потери.

The aim of the investigations is to develop the main provisions of the procedure for determining the influence of material properties on the example of steel and ultra-high molecular weight polyethylene (UHMW PE) when they are used to fabricate or cover the outer and inner surfaces of the fairing and the combing teeth of the header, on the quality of the process performed by it. The dependencies and regularities that are integral parts of the previously developed mathematical model of the process of combing grain crops with a single-barrel header are used in the article. As a result of solving the equations, data on the normal and tangential components of the speed of movement of the ear and grain after contact with the test surfaces were obtained. Upon contact with the external surface of the fairing that material would be preferred which the movement along is accompanied by a lower value of the frictional force. During a rebound from the combing tooth and the inner surface of the fairing, the best material is the speed of rebound of the grain from which is higher. The value of the normal forces pressing the ear of winter wheat to the contacting surface was determined in an experimental plant simulating the process of combing the reaper. The coefficient of static friction and motion and the coefficient of recovery upon contact with the surfaces of steel and UHMW PE ears and winter wheat's grains were determined at its moisture content of 9%. It has been established that at a header speed of 3 m/s, the frictional force pressing the ear to the outer surface of the fairing from UHMW PE is 1.75 times less than on the steel. After contact with the tooth, the rebound speed of the grain is higher, if it is made of steel. For the accepted characteristics of the harvested plants and the operating conditions of the header, when the grains come into contact with the inner surface of the fairing from the UHMW PE within the friction angle, the loss of grain velocity after the collision is less than on the steel, with the exception of contact with direct impact. Compensation for the reduction in speed within a direct impact on the inner surface of the fairing which is made of UHMW PE can be achieved by varying the angle of inclination of the combing teeth on the drum.

**Keywords:** combing, header, material of the header working bodies, grain crops, impact, recovery energy, waste.

## Введение

В последние годы в конструкциях уборочных машин наряду с использованием сталей все более широкое применение находят материалы из сверхвысокомолекулярных полиэтиленов, существенно отличающиеся от металлов физико-механическими характеристиками. Низкая плотность полиэтиленов, составляющая  $0,94-1,0 \cdot 10^{-3}$  кг/м<sup>3</sup>, модуль упругости более чем на два порядка ниже, чем у стали, низкий коэффициент сухого трения от 0,075 до 0,11, высокая ударная и коррозионная стойкость, повышенная стойкость к истиранию делают эти материалы весьма привлекательными как для изготовления изделий из них, так и применения в качестве покрытий. Отдельные свойства высокомолекулярных полиэтиленов, такие как коррозионная стойкость и повышенная стойкость к истиранию, при их использовании в конструкции очесывающих жаток являются, безусловно, положительными с точки зрения улучшения качества их функционирования, другие требуют детального анализа. Для того чтобы дать количественную оценку влияния отдельных свойств материалов, применяемых в конструкции очесывающей жатки, предложено использовать разработанную нами математическую модель процесса взаимодействия ее рабочих органов с убираемыми растениями и их компонентами, полученными после контакта с очесывающими зубьями. Применение методических положений проиллюстрировано на примере использования в конструкции жатки материалов из стали и сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ).

Процесс взаимодействия колоса с наружной поверхностью обтекателя рассмотрен в ряде работ [1, 2, 3]. Процесс состоит из двух фаз. Если удар прямой или косой при отклонении вектора скорости от нормали к поверхности в пределах угла трения – первая фаза, движение колоса по поверхности обтекателя вторая. Ситуация складывающаяся в первой фазе, рассмотрена в работе [3]. Установлено, что уборочный агрегат, который оборудован очесывающей жаткой, снабженной обтекателем из стали, может работать без потерь зерна в первой фазе на скоростях до 2–3 м/с, а с жаткой, обтекатель которой изготовлен из сверхвысокомолекулярного полиэтилена СВМПЭ, на скоростях – до 3,5 м/с. В данной работе приведены результаты исследований об оценке влияния свойств стали и СВМПЭ при контакте колоса с наруж-

ной поверхностью обтекателя во второй фазе с зубьями очесывающего барабана и продуктов очеса с его внутренней поверхностью при их движении в транспортирующем канале.

## Цель исследований

Разработка основных положений методики определения влияния свойств материалов, на примере стали и СВМПЭ, при их применении для изготовления или покрытия наружной и внутренней поверхности обтекателя и очесывающих зубьев жатки на качество выполняемого ею процесса.

## Материалы и методы

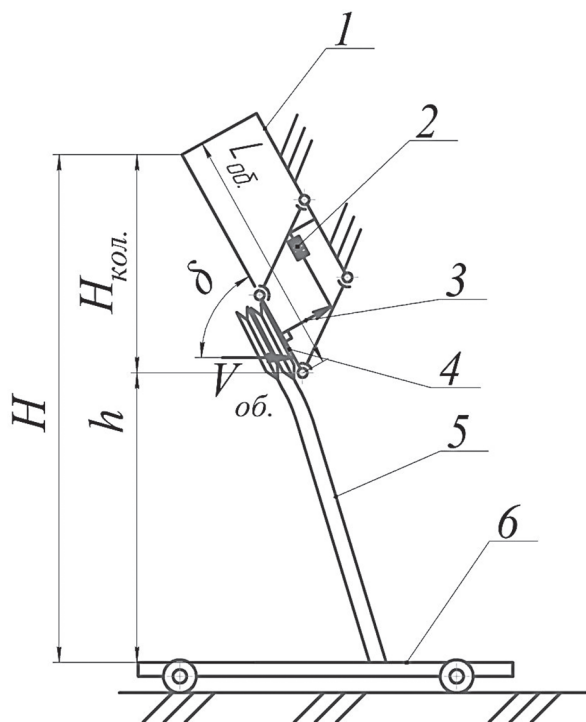
Во второй фазе на колос, непосредственно контактирующий с поверхностью обтекателя, действуют силы от стоящих впереди и наклоненных по ходу им растений. Поэтому теоретически рассчитать усилие, действующее на чешуйки колоса при его движении по поверхности обтекателя, практически невозможно. Из работы [4] следует, что нижняя кромка обтекателя жатки должна располагаться на уровне крепления колоса к стеблю растения минимальной высоты:

$$h_{\text{обт}} = h_2 \leq h_{\text{ц.б.}} = r + l \cdot \cos P_0 + h_3, \quad (1)$$

где  $h_{\text{обт}}$ ,  $h_2$ ,  $h_{\text{ц.б.}}$ ,  $h_3$ ,  $l$ ,  $r$ ,  $P_0$  – соответственно, высота положения нижней кромки обтекателя, м; длина стебля минимального по высоте растения, м; высота положения центра очесывающего барабана относительно поверхности поля, м; расстояние между поверхностью поля и концами зубьев барабана (ограничено минимально допустимым зазором, исключающим контакт зубьев с почвой), м; длина очесывающего зуба, м; радиус корпуса барабана, м; угол наклона зуба, рад.

Следовательно, угол начала очеса с учетом ярусности растений в пределах убираемого массива будет изменяться. Очевидно, что чем меньше длина стебля минимального по высоте растения и больше ярусность, тем больше усилие, прижимающее колос к обтекателю, а максимум будет в нижней его части.

Для его определения было изготовлено специальное устройство, монтируемое на лабораторной установке, имитирующей процесс очеса зерновых культур однобарабанной жаткой. Общий вид лабораторной установки приведен в работе [4], схема устройства приведена на рис. 1.



**Рис. 1. Схема лабораторной установки для определения величины усилий, которые действуют на колос, движущийся по поверхности обтекателя:**

- 1 – неподвижное основание; 2 – тензодатчик;
- 3 – толкатель; 4 – контактирующая с растениями поверхность; 5 – исследуемые растения;
- 6 – бегущее поле;  $h$  – высота расположения нижней кромки контактирующей поверхности,  $\delta$  – угол наклона контактирующей поверхности;
- $V_{об.}$  – скорость движения,  $L_{об.}$  – длина контактирующей поверхности обтекателя;
- $H_{кол.}$  – зона расположения колосьев

Поверхность 4 присоединена к корпусу обтекателя 5 с помощью параллелограммного механизма. Длина поверхности 4 выбрана равной средней длине колоса озимой пшеницы. Сигнал с тензометрического звена из аналогового преобразуется в цифровой и записывается на компьютер. Тензометрическое звено расположено так, что на него поступает сигнал, фиксирующий нормальную составляющую силы, которая прижимает колосья растений к поверхности обтекателя.

Сила трения определится из выражения:

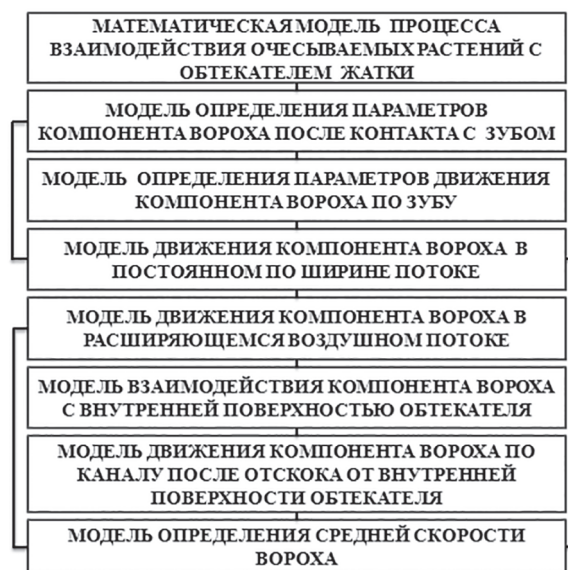
$$F_{тр} = P_n \cdot K_{тр.дв.}, \quad (2)$$

где  $P_n$  – нормальная составляющая силы, прижимающей колос к поверхности обтекателя;  $K_{тр.дв.}$  – коэффициент трения движения колоса о поверхность обтекателя.

При определении степени влияния материала, из которого изготовлена внутренняя

поверхность обтекателя, расчеты выполняли путем моделирования процесса, реализуемого жаткой на математической модели.

Математическая модель процесса очеса зерновых культур (рис. 2) представляет последовательную совокупность аналитических зависимостей, описывающих взаимодействие очесываемых растений с обтекателем жатки, зубьями очесывающего барабана, с последующим движением полученных в результате очеса отдельных компонентов очесанного вороха по зубу, в транспортирующем канале, а также зависимости, позволяющей определить среднюю скорость транспортируемого материала. Средняя скорость характеризует скорость движения зерна с учетом его взаимодействия с другими продуктами очеса, контакты с которыми в процессе движения приводят к ее снижению. Если эта скорость выше скорости витания зерна, то в данной точке ее вектор направлен в сторону ложа интегрирующего шнека. Более подробно о входящих в математическую модель блоков приведены описания, представленные в работах [1, 4, 5, 6, 7].



**Рис. 2. Логическая схема математической модели процесса очеса зерновых культур однобарабанной жаткой**

Для оценки влияния на качество процесса очеса свойств стали и СВМПЭ при использовании их для изготовления очесывающих зубьев рассмотрим схему взаимодействия колоса растения и выделенных из него зерен, представленную на рис. 3.

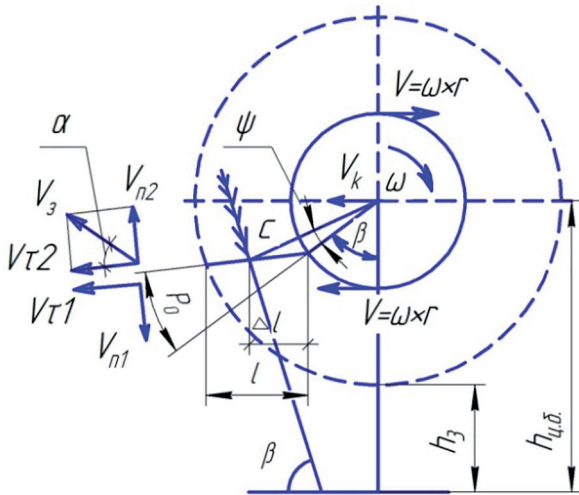


Рис. 3. Схема взаимодействия колоса с зубом, наклоненным вперед на угол  $P_0$ , когда точка контакта расположена на удалении от начала зуба

После разрушения колоса выделенное из него зерно должно приобрести скорость, достаточную для его перемещения по транспортирующему каналу и попадания в ложе шнека.

Учитывая, что качество процесса отделения и разрушения колоса оценивается полученной в результате удара скоростью основной компоненты вороха-зерна, определяли ее нормальную и тангенциальную составляющие (см. рис. 3) по следующим зависимостям [4]:

$$V_{n2} = (K + 1) [\omega \cdot c \cdot \cos P_0 + V_k \cdot \cos(\beta + P_0)], \quad (3)$$

$$V_{t2} = \omega \cdot c \cdot \sin P_0 + V_k \cdot \sin(\beta + P_0) + f [\omega \cdot c \cdot \cos P_0 + V_k \cdot \cos(\beta + P_0)] (K + 1), \quad (4)$$

где  $c$  – расстояние от точки контакта зуба с колосом до центра вращения, мм;  $K$  – коэффициент восстановления [8].

Так как направление скорости до удара по неподвижному колосу и после удара совпадают, то:

$$K = \frac{V_{n2}}{V_{n1}} = \sqrt{\frac{h_2'}{h_1'}}, \quad (5)$$

где  $h_1', h_2'$  – высоты падения и «подскока» зерна при эксперименте, м.

Зерно ударяется о зубья через облегающую его чешуйку. После выделения из колоса вследствие удара зубом зерно приобретает скорость за счет энергии восстановления. В выражении (3) это составляющая, равная произведению выражения в скобках на коэффициент восстановления. Но зерно отталкивается от зуба, который движется в том же направлении. Это относительное движение зерна. Абсолютная нормаль-

ная составляющая скорости движения зерна записывается в виде выражения (3). Вышеизложенное справедливо и для выражения (4).

Если угол наклона колоса больше угла трения и при этом произошло выделение зерна, возможно движение отделенного от колоса зерна по зубу, если нет, движение компоненты вороха в транспортирующем канале (см. рис. 2).

Очевидно, с позиций качества транспортирования зерна для изготовления зуба лучшим будет материал, после контакта с которым, зерно приобретет большую скорость.

При движении зерна по транспортирующему каналу наибольшая вероятность существенной потери скорости движущимся зерном при его контакте с внутренней поверхностью обтекателя. В данном случае лучшим будет тот материал, после контакта зерна с которым, потеря его скорости будет меньшей. Оценку потери скорости после контакта зерна с внутренней поверхностью обтекателя оценивали, основываясь на гипотезе сухого трения Ньютона [9, 10]:

$$V_{t2} - V_{t1} = \pm f (V_{n2} - V_{n1}), \quad (6)$$

где  $V_{t1}, V_{n1}, V_{t2}, V_{n2}$  – тангенциальная и нормальная составляющие скорости зерна до и после удара, м/с;  $f$  – коэффициент сухого трения колоса по зубу.

С учетом того, что направление скорости до удара и после удара не совпадает, выражение (6) может быть представлено в виде:

$$V_{t2} = V_{t1} - f \cdot V_{n1} \cdot (K + 1). \quad (7)$$

Подставляя значения  $f$  и  $K$  в (7) находим материал, при использовании которого для изготовления внутренней поверхности обтекателя потеря скорости зерна при контакте с ним будет минимальной.

Численное значение скорости зерна после его отскока от рабочих органов жатки, при известных нормальной и тангенциальной составляющих, определяем по известной зависимости:

$$V_2 = \sqrt{V_{n2}^2 + V_{t2}^2}. \quad (8)$$

## Результаты и обсуждение

Во второй фазе колос движется по наружной поверхности обтекателя. Направление движения – по ходу наклона чешуек. Значение коэффициента трения движения колоса по испытуемым поверхностям приведено в табл. 1.

Таблица 1

Значение коэффициента трения движения зерна и колоса озимой пшеницы сорта Дмитрий по стали и СВМПЭ

Материалы	Зерно	Колос (по ходу наклона чешуек)
Сталь шлифованная	0,20	0,25
СВМПЭ	0,17	0,18

В таблице 2 приведены полученные на лабораторной установке (см. рис. 1) статистические характеристики нормальной составляющей, прижимающей колос к контактирующей поверхности обтекателя при различных параметрах скорости уборочного агрегата.

Вычисленные по выражению (2) значения силы трения при движении колосьев по поверхностям обтекателя, выполненным из СВМПЭ и стали при скоростях движения жатки от 1, до 3 м/с приведены в таблице 3.

Таблица 2

Статистические характеристики нормальной составляющей, прижимающей колос к контактирующей поверхности обтекателя при различной скорости уборочного агрегата

Скорость движения очесывающего агрегата, м/с	Среднее нормальное усилие от колосьев растений на обтекателе, Н	Дисперсия, D	Стандартное отклонение, $\sigma$	Коэффициент вариации, $v$ , %	Ошибка средней, S	Относительная ошибка средней, S, %
1,0	6,43	0,48	0,69	11%	0,10	1,5
2,0	7,86	0,97	0,99	13%	0,14	1,8
3,0	11,75	1,16	1,08	9%	0,15	1,3

Таблица 3

Значение силы трения при движении колосьев по обтекателю при разных скоростях движения обтекателя и материалов, из которых он изготовлен

Материал	$F_{тр.}, Н$ , при скорости		
	1,0 м/с	2,0 м/с	3,0 м/с
СВМПЭ	1,16	1,42	2,12
Сталь	1,61	1,97	2,94

По данным работы [11] сорта пшеницы по прочности закрепления чешуек на колосе разделяют:

- на осыпающиеся, выдерживающие нагрузку 2,3–4,4 Н;
- на неосыпающиеся, выдерживающие нагрузку 5,2–7,3 Н;
- с тугим обмолотом, выдерживающие нагрузку 12,8 Н.

Из представленных данных видно, что применение СВМПЭ для изготовления покрытия наружной поверхности обтекателя позволит избежать потерь зерна при движении колоса по его поверхности при скорости уборочного агрегата 3 м/с на уборке всех сортов пшеницы. При работе агрегата с жаткой, обтекатель которой выполнен из стали, его скорость на уборке пшеницы осыпающихся сортов не должна превышать 2 м/с.

При контакте колоса с очесывающим зубом происходит отрыв чешуйки и одновременный удар по выделенным зернам; это явление происходит в любой точке зуба, если угол наклона колоса от нормали к поверхности зуба не превышает угла трения. При наклоне колоса на угол больше угла трения колос скользнет к концу зуба и сойдет с него либо – к его началу, где и произойдет очес. То есть очес протекает только при прямом или косом ударе в пределах угла трения. Для оценки влияния материала, применяемого для изготовления зуба, на величину составляющих скорости зерна в качестве примера приняли режим и параметры очесывающего барабана, приведенные в работе [4]: частота вращения  $50 \text{ с}^{-1}$ , угол наклона зуба  $0,35 \text{ рад}$ ,  $\beta = 0,795 \text{ рад}$ , скорость движения комбайна  $V_k = 2,3 \text{ м/с}$ . При таком режиме работы жатки численное значение выражения в квадратных скобках в уравнении (3) будет равно 13,67 м/с. В выражении (4) первое слагаемое в скобках равно 7,1 м/с, а второе слагаемое в скобках – 13,67 м/с. После подстановки значений получим:

$$V_{n2} = 13,67 \cdot (K + 1), \quad (9)$$

$$V_{\tau 2} = 7,1 + f(13,67) \cdot (K + 1). \quad (10)$$

Коэффициент восстановления зерна определяли по правилу (5), сбрасывая его с высоты на

испытываемый материал. При контакте со стальной поверхностью коэффициент восстановления равен 0,3, а при контакте с СВМПЭ – 0,2. Значения коэффициента трения покоя зерна и колоса на поверхности из стали и СВМПЭ приведены в табл. 4.

Таблица 4

**Значения коэффициента трения покоя зерна и колоса озимой пшеницы сорта Дмитрий при контакте с поверхностями из стали и СВМПЭ**

Материал обтекателя	Зерно	Колос
Сталь шлифованная	0,44	0,53
СВМПЭ	0,26	0,27

После подстановки значений коэффициентов восстановления и коэффициентов трения покоя в выражения (9) и (10) для зерна, контактирующего с зубом изготовленным из стали:

$$V_{n2} = 1,3 \cdot 13,67 = 17,8 \text{ м/с}; \quad (11)$$

$$V_{\tau 2} = 7,1 + 0,44 \cdot 13,67(0,3 + 1) = 14,9 \text{ м/с}. \quad (12)$$

Скорость движения зерна после схода с зуба, выполненного из стали, определенная по выражению (8), составит 23,2 м/с.

Для зубьев, изготовленных из СВМПЭ:

$$V_{n2} = 1,2 \cdot 13,67 = 16 \text{ м/с}; \quad (13)$$

$$V_{\tau 2} = 7,1 + 0,26 \cdot 13,67 \cdot 1,2 = 11,4 \text{ м/с}. \quad (14)$$

После подстановки полученных данных в уравнение (8) скорость зерна после отскока от зуба, выполненного из СВМПЭ, составит 19,6 м/с. Это на 17,5 % меньше, чем при отскоке от зуба, выполненного из стали. При скольжении колоса по зубу очес его возможен только при перемещении в начало зуба и также только в пределах угла трения.

Из приведенных данных, при принятых параметрах и режимах очесывающей жатки, применение очесывающих зубьев, изготовленных из стали, позволяет повысить скорость зерна после его отскока и, тем самым, снизить вероятность его потерь.

При контакте зерна, движущегося по транспортирующему каналу, внутренняя поверхность которого неподвижна, справедливо правило (6) [9, 10]. В зависимости от направления движения зерна по транспортирующему каналу и формы его внутренней поверхно-

сти возможен, но менее вероятен прямой удар зерна о его неподвижную поверхность, тогда:

$$V_{n2} = -K \cdot V_{n1}. \quad (15)$$

Тангенциальная составляющая при этом равна нулю.

При прямом ударе, как видно из выражения (15), скорость зерна после удара пропорциональна коэффициенту восстановления. Если внутренняя поверхность обтекателя выполнена из стали, то потеря скорости зерна после отскока от нее составит 70 %, а если – из СВМПЭ, то 80 %. Прямой удар, как показали ранее выполненные исследования, маловероятен, а изменение ситуации при сложившихся характеристиках хлебостоя в пользу того или иного материала, например СВМПЭ, может корректироваться изменением угла наклона очесывающих зубьев [12] путем подстановки его новых значений в выражения (3) и (4).

При косом ударе, когда отклонение вектора скорости от нормали к поверхности контакта находится в пределах угла трения в соответствии с выражением (7), в расчетах учитываем коэффициент восстановления и коэффициент трения покоя. Точку контакта с внутренней поверхностью обтекателя с координатами  $X = 0,4$  м;  $Y = 0,2$  м и составляющими скорости зерна  $V_{n1} = 16,9$  м/с и  $V_{\tau 1} = 13,7$  м/с до контакта с ней определили на основании расчетов, выполненных по методу, который изложен в работе [5].

Если внутренняя поверхность обтекателя выполнена из стали, то после контакта с ней тангенциальная и нормальная составляющие скорости составят:

$$V_{n2} = 0,3 \cdot V_{n1} = 5,07 \text{ м/с}; \quad (16)$$

$$V_{\tau 2} = V_{\tau 1} - 0,44(0,3 + 1) = V_{\tau 1} - 0,57 \cdot V_{n1} = 13,7 - 9,63 = 4,07 \text{ м/с}. \quad (17)$$

Тангенциальная и нормальная составляющие скорости зерна после отскока от внутренней поверхности обтекателя, выполненной из СВМПЭ :

$$V_{n2} = 0,2 \cdot V_{n1} = 3,38 \text{ м/с}; \quad (18)$$

$$V_{\tau 2} = V_{\tau 1} - 0,26 \cdot V_{n1}(0,2 + 1) = V_{\tau 1} - 0,312 \cdot V_{n1} = 13,7 - 5,27 = 8,43 \text{ м/с}. \quad (19)$$

Тогда после подстановки в (8) скорость отскока зерна от поверхности обтекателя из стали составит 6,5 м/с, а из СВМПЭ – 8,5 м/с. Следовательно, скорость отскока зерна при

косом ударе о внутреннюю поверхность обтекателя, выполненного из СВМПЭ, выше, чем из стали.

Если после первого отскока от внутренней поверхности обтекателя происходит повторное столкновение зерна с ним, тогда для определения его скорости необходимо проводить расчеты, подставляя в качестве исходных численные значения, полученные в результате вычислений по выражениям (16)–(19). Численные значения скорости зерна после отскока необходимо выполнять, подставляя полученные значения  $V_{n2}$  и  $V_{r2}$  в (8).

Как видно из приведенных выше результатов вычислений по предложенной методике, при принятых режимах и зонах очеса применение СВМПЭ целесообразно для изготовления или покрытия наружной и внутренней поверхности обтекателя.

### Заключение

Приведенные выше примеры, выполненные с использованием основных методических положений, которые предложены для оценки влияния свойств стали и СВМПЭ, применяемых при изготовлении рабочих органов очесывающей жатки, позволяют сделать вывод о целесообразности использования СВМПЭ для изготовления или покрытия наружной и внутренней поверхности обтекателя.

Установлено, что уборочный агрегат с очесывающей жаткой, снабженной обтекателем, который изготовлен из стали, может работать без потерь зерна при скольжении колоса по его наружной поверхности на скорости до 2–3 м/с, а с жаткой, обтекатель которой изготовлен из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ, на скорости – до 3,5 м/с.

Для принятых при расчетах условий и режимов работы жатки при прямом ударе зерна о внутреннюю поверхность обтекателя скорость его отскока от поверхности, выполненной из стали, снижается на 70 %, а из СВМПЭ – на 80 %. При косом ударе скорость отскока зерна от поверхности обтекателя из стали составит 6,5 м/с, а из СВМПЭ – 9,55 м/с. Прямой удар, как показали ранее выполненные исследования, маловероятен, а изменение ситуации при сложившихся характеристиках хлебостоя в пользу того или иного материала, например СВМПЭ, может корректироваться изменением угла наклона очесывающих зубьев.

Если после первого отскока от внутренней поверхности обтекателя происходит повторное столкновение зерна с ним, тогда для определения его скорости необходимо проводить расчеты, подставляя в качестве исходных численные значения, полученные в результате вычислений по выражениям (16)–(19) либо (20)–(23) и (8).

Как видно из приведенных выше результатов вычислений по предложенной методике, при принятых режимах и зонах очеса применение СВМПЭ для изготовления или покрытия наружной и внутренней поверхности обтекателя предпочтительнее, чем стали. Для гарантированного утверждения этого вывода следует провести расчеты для всего диапазона зоны очеса в интервале от 0 до 1,57 рад и различных характеристик хлебостоя.

### Литература

1. Бурьянов М.А., Бурьянов А.И., Костыленко О.А. Методика обоснования параметров обтекателя однобарабанной очесывающей жатки // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 7. С. 19–23.
2. Бурьянов М.А., Бурьянов А.И., Червяков И.В., Костыленко О.А. О влиянии морфологических признаков растений озимой пшеницы на выбор режимов работы очесывающей жатки // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 6. С. 43–51.
3. Бурьянов А.И., Бурьянов М.А., Червяков И.В. Метод и результаты оценки влияния энергии восстановления зерна, контактирующего в колосе с обтекателем жатки, на его параметры и качество работы // Тракторы и сельхозмашины. 2018. № 2. С. 65–72.
4. Бурьянов М.А., Бурьянов А.И., Костыленко О.А. Методика математического моделирования взаимодействия растений зерновых культур с очесывающим барабаном жатки // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 9. С. 19–22.
5. Бурьянов М.А., Бурьянов А.И., Червяков И.В. Методика математического моделирования процесса движения зерна в транспортирующем канале очесывающей жатки // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 10. С. 27–30.
6. Бурьянов А.И., Бурьянов М.А. Определение скорости зернополовистого вороха в очесывающей жатке // Техника в сельском хозяйстве. 2012. № 5. С. 6–9.
7. Бурьянов М.А. Параметры и режимы процесса очеса зерновых культур навесной на комбайн жаткой: дис. канд. техн. наук: 05.20.01. Зерноград, 2011. 184 с.

8. Добронравов В.В., Никитин Н.Н., Дворников А.Л. Курс теоретической механики. М.: Изд-во «Высшая школа», 1966. с. 624.
9. Кобринский А.Е., Кобринский А.А. Виброударные системы (динамика и устойчивость). М.: «Наука», 1973. с. 591.
10. Кильчевский Н.А. Теория соударения твердых тел. Киев: Наукова думка, 1969. с. 246
11. Гансеев В.А. Устойчивость к осыпанию [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://fitonsemena.ru/page/page155.html>.
12. Патент № 2519831 РФ, МПК<sup>51</sup> А01D 41/08 С2. Способ адаптации очесывающего барабана жатки к переменным характеристикам убираемого хлеба зерновых колосовых культур и устройство для его осуществления / Бурьянов А.И., Бурьянов М.А., Дмитренко А.И., Колесников Г.Е.; заявитель и патентообладатель: ГНУ СКНИИ-МЭСХ, № 2012114997/13; заявл. 16.04.2012; опубл. 20.06.2013, Бюл. № 17.
4. Bur'yanov M.A., Bur'yanov A.I., Kostylenko O.A. Method of mathematical modeling of interaction between plants of grain crops and stripper drum of a header. *Trartory u selkhoz mashiny*, 2015, no. 9, pp. 19–22 (in Russ.).
5. Bur'yanov M.A., Bur'yanov A.I., Chervyakov I.V. Method of mathematical modeling of grain moving process in conveying channel of stripper header *Trartory u selkhoz mashiny*, 2015, no. 10, pp. 27–30 (in Russ.).
6. Bur'yanov A.I., Bur'yanov M.A. Substantiation of grain-chaff heap speed in stripper header. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2012, no.5, pp. 6–8. (in Russ.).
7. Bur'yanov M.A. Parametry I regimy processa ochesa zernovykh kultur navesnoi na kombain zharkoj [Parameters and modes of cereals stripping process with header hinging on combine. Cand. tech. sci. diss.] Zernograd, 2011, 184 p. (in Russ.).
8. Dobronravov V.V., Nikitin N.N., Dvornikov A.L. Kurs teoreticheskoy mekhaniki [Course of theoretical mechanics]. Moscow. Vysshaya shkola Publ., 1966, 624 p.
9. Kobrinskiy A.E., Kobrinskiy A.A. Vibroudarnye sistemy (dinamika i ustoychivost') [Vibro-impact systems (dynamics and stability)]. Moscow. Nauka Publ., 1973, 591 p.
10. Kil'chevskiy N.A. The theory of collision of solids. Kiev. Scientific thought, 1969, 246 p.
11. Ganceev V.A. Resistance to shattering URL: <http://fitonsemena.ru/page/page155.html>. (accessed 14.03.2018)
12. Bur'yanov A.I., Bur'yanov M.A., Dmitrenko A.I., Kolesnikov G.E. Sposob adaptatsii ochesyvayushchego barabana zhatki k peremennym kharakteristikam ubiraemogo khlebstoia zernovykh kolosovykh kul'tur i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya. Patent RF, no. 2519831, 2013.

## References

1. Bur'yanov M.A., Bur'yanov A.I., Kostylenko O.A. Method for parameters substantiation of deflector of single-drum stripper header *Trartory u selkhoz mashiny*, 2015, no.7, pp. 19–23 (in Russ.).
2. Bur'yanov M.A., Bur'yanov A.I., Chervyakov I.V., Kostylenko O.A. The influence of morphological characteristics of winter wheat plants on the choice of operating modes of combing header *Trartory u selkhoz mashiny*, 2017, no. 6, pp. 43–51 (in Russ.).
3. Bur'yanov A.I., Bur'yanov M.A., Chervyakov I.V. The method and results of assessing the impact of energy recovery of grain in the ear in contact with the fairing of the header on its parameters and the quality of work *Trartory u selkhoz mashiny*, 2018, no. 2, pp. 65–72 (in Russ.).