

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ТРАВМИРОВАНИЯ ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА КОВШОВЫМИ ЭЛЕВАТОРАМИ В ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТАХ ТИПА ЗАВ.

Пахомов В.И., Бойко А.А., Подлесный Д.С., Саркисян Д.С.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В статье приведены основные виды механического повреждения зерновых, причины их возникновения и меры по снижению травмированности зерна, а также последствия дальнейшей порчи зерновой массы из-за её травмированности.

Ключевые слова. Зерно, повреждения, битое зерно, трещины, транспортное оборудование, рабочие органы, снижение травмирования, ковшовые элеваторы, потери.

WAYS TO REDUCE INJURY TO THE GRAIN OF THE MATERIAL BUCKET ELEVATORS IN A GRAIN-CLEANING UNITS OF THE TYPE HEAD.

Pakhomov V.I., Boyko A.A., Podlesny D.S., Sarkisian D.S.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The article presents the main types of mechanical damage to grain, the causes of their occurrence and measures to reduce the injury of grain, as well as the consequences of further damage to the grain mass due to its injury.

Keywords. Grain, damages, broken grain, cracks, transport equipment, working bodies, injury reduction, bucket elevators, losses.

Согласно сельскохозяйственной переписи 2019 года в хозяйствах нашей страны насчитывается около 100 тыс. поточных технологических линий, что обеспечивает обработку 85% валового сбора зерна. Важной конструктивной и технологической особенностью зерноочистительных агрегатов и комплексов является этажное расположение зерноочистительных машин и бункеров, что позволяет в полной мере использовать свойство сыпучести зерновой массы и обеспечить самотечную подачу всех фракций зерна и отходов в отведенные для них бункера, а также выгрузку их из бункеров в транспортные средства. При этом обеспечивается приемка зерна с большей производительностью, чем производительность основного оборудования. Это позволяет принимать зерно не только для немедленной его обработки, но и для создания запаса зерна в напряженный период, когда поступает наибольшее количество партий зернового материала. Но при этом для достижения необходимой чистоты зерна и семян приходится зачастую пропускать зерновой ворох через агрегаты или комплексы два-три раза, что приводит к увеличению его травмирования [2].

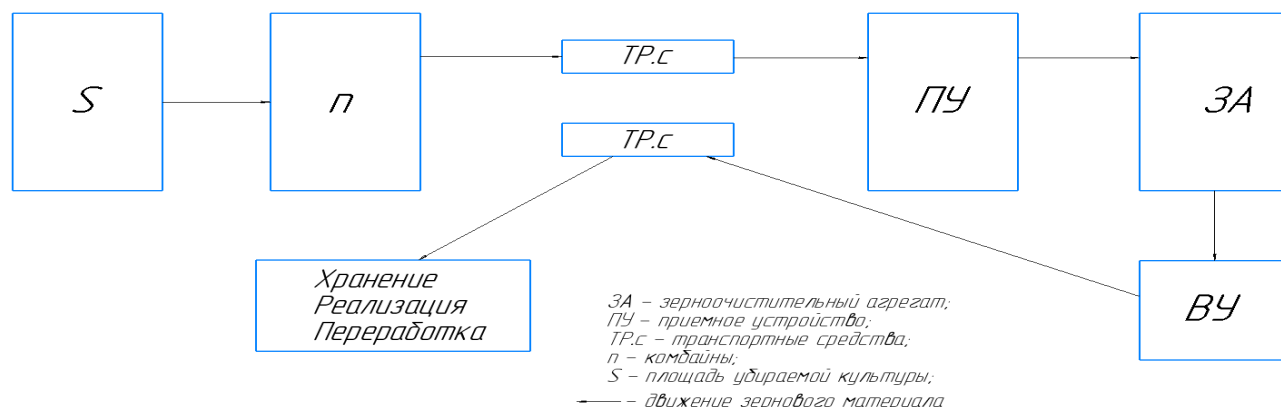


Рисунок 1 - Схема функционирования поточной линии уборки зерновых культур

Зерноочистительные агрегаты включают в себя следующий комплекс технических средств: приемное устройство (завальная яма), транспортирующие органы (нории, скребковые транспортеры,

шнеки, самотечные устройства, ленточные транспортеры) рабочие машины (машины предварительной очистки, сушилки; ветрорешетные машины, триерные блоки, бункера активного вентилирования, пневмосортировальные столы.

Для снижения травмирования зерна при его послеуборочной обработке оно должно проходить через минимальное количество машин- и транспортирующих устройств. Поэтому при обработке зернового вороха на зерноочистительных машинах или зерноочистительных агрегатах необходимо сократить число операций и уменьшить протяженность межоперационных связей. Поврежденное зерно к тому же характеризуется плохой сохранностью. Из-за этого имеют место потери при последующем хранении зерна. Потери зерна и снижение его качества в послеуборочный период начинается уже с первых минут после доставки зернового материала с поля, а временное хранение предполагает выполнение дополнительных, погрузочно-разгрузочных операций, связанных с предотвращением: слеживания зерна, формированием буртов, и погрузка в транспортные средства. Для этого применяют зернопогрузчики со скребковыми транспортерами, которые травмируют семена пшеницы за один пропуск на 11%, а за 10 - на 51%. Кроме того, зерно проходит через весь зернопогрузчик, где дополнительно повреждается. При пропуске зерна через зернометатель его травмирование возрастает на 45%. Выполнение погрузочно-разгрузочных операций ведет к увеличению травмирования зернового материала и ухудшению посевных качеств семян.

При совершенствовании зерноочистительных агрегатов необходимо подобрать такие транспортирующие органы, входящие в технологическую линию, которые обеспечивают нужную производительность при минимальном травмировании зерна. Для этого необходимо уменьшить протяженность технологической линии, по возможности исключить скребковые транспортеры и шнеки, применять для подъема зерна тихоходные норрии с большим объемом ковшей, максимально уменьшить длину самотеков, не допускать сброс зерна с большой высоты в бункеры и приемные устройства, использовать композиционные материалы для контактирующих с зерном элементов агрегата. В зерноочистительных технологических линиях зерно травмируется как рабочими, так и транспортирующими органами, большая доля повреждений семян приходится на транспортирующие устройства. Проведенный анализ литературных источников позволил выявить, что на долю транспортирующих устройств приходится до 80% от всех повреждений линией и только 19,5% приходится на технологическое оборудование. В технологических линиях современных зерноочистительных агрегатов количество приемных устройств достигает 5-8 и более, норрий 2-5, шнеков 2 и более. Увеличение количества транспортирующих или рабочих органов ведет к увеличению протяженности поточной линии и механических воздействий на зерновой материал, а следовательно, к повышенному травмированию зерна. Анализируя данные зависимости травмирования зерна от протяженности технологической линии в различных зерноочистительных агрегатах типа ЗАВ видно, что чем больше протяженность технологической линии, тем больше зерно подвержено механическим воздействиям со стороны рабочих элементов, что приводит к их травмированию.

Зерноочистительный агрегат (комплексы), используемые в сельскохозяйственном производстве, травмируют от 7,5 до 43,0% семян, что составляет от 13,9 до 54,7% от общего травмирования при уборке и послеуборочной обработке. Транспортирующие органы травмируют от 28,8 до 79,4% от всех семян, травмируемых на послеуборочной обработке. Приведенные данные убедительно доказывают, что при послеуборочной обработке зерноочистительная техника, используемая сельскохозяйственными предприятиями, травмирует значительное количество семян, причем большая часть их травмируется транспортирующими органами. Это объясняется, с одной стороны, наличием большого количества транспортирующих органов и с другой, - большой протяженностью технологических линий. Очевидно, что для снижения травмирования семян необходимо, прежде всего, уменьшить протяженность технологических линий и изыскать пути снижения травмирования каждым используемым рабочим и транспортирующим органом.

Травмирование семян рабочими и транспортирующими элементами поточных технологических линий может достигать следующих величин: приемными устройствами до 13,7%, норриями до 12%; шнеками до 15,5%, скребковыми транспортерами до 16,0%, в самотечных транспортирующих устройствах - 0,06. 0,09% на 1 метр транспортирования и 0,08..0,13% на поворотах; в пневмотранспортерах 17% и более.

Значительное влияние на травмированность зерна оказывает скорость норрийной ленты, образование обратной сыпи продукта в результате переполнения ковшей (особенно при повышенной скорости ленты), защемления зерна между ковшами, стенкой и норрийной лентой.

Установлено, что при возрастании скорости ленты норрии с 0,9 м/с до 2,1 м/с обратная сыпь зерна увеличивается в 2,3 раза, а при повышении скорости до 2,9 м/с - в 3,2 раза. Определено, что заполнение ковшей не должно быть более 90% их вместимости, при скорости норрийной ленты в пределах от 0,93 м/с до 2,1 м/с.

Таблица 1. Увеличение травмирования зерна при транспортировке норией Н-50 в зависимости от ее производительности

Производительность нории, т/ч	Содержание зерен, %		
	битых	обрушенных	С трещинами
12	2,5	3,4	9,0
25	1,9	2,5	7,0
37	1,0	1,8	5,0
50	0,7	1,1	4,0

Таблица 2. Травмирование зерна при транспортировании норией с металлическим ковшом производительностью 100 т/ч

Культура	Содержание травмированных зерен, %		
	Битые (зерновая примесь)		
	В исх. херне	После нории	Увеличение, раз
Пшеница	1,30	3,33	2,6
Ячмень	0,90	1,73	1,9
Овес	0,27	0,43	1,6

При взаимодействии зерна с рабочими органами машин на него действуют как статические, так и динамические усилия, однако большинство исследователей считают, что механические повреждения зерна происходят в основном под влиянием динамических нагрузок при свободном ударе зерна о поверхность. На всем пути движения зерна по транспортным устройствам и машинам на него в различной степени оказывается механическое воздействие (удар, трение, сдвиг и т. д.) вследствие его контакта с рабочими поверхностями машин, самотеков и емкостей. Важно учитывать скорость, с которой движется зерно, состояние поверхностей взаимодействия и количество этих взаимодействий. На принципиальной схеме (рис. 2) приемки, послеуборочной обработки. Зерна показаны основные участки, на которых наблюдается наибольшее травмирование [4].

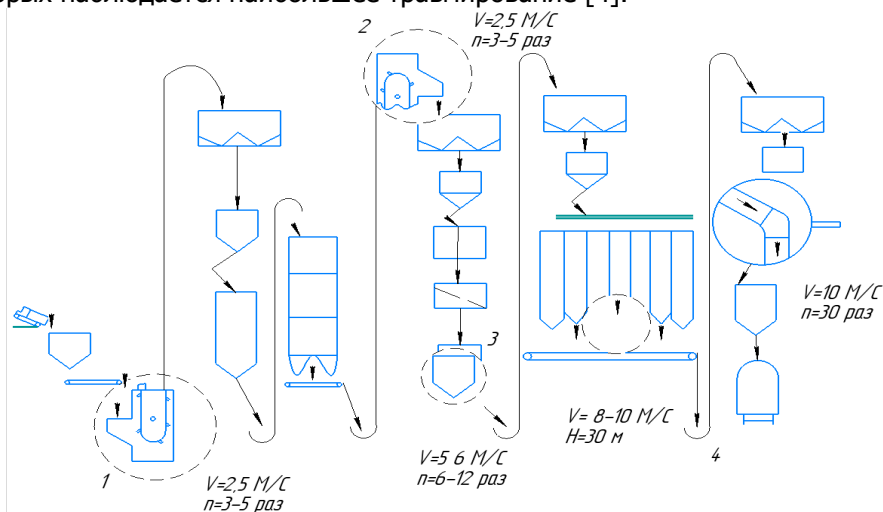


Рисунок 2 - Участки травмирования зернового материала при послеуборочной обработке, где V – скорость движения зерна, n – количество соударений.

К их числу относятся: приемный башмак нории (1), травмирование зерна и семян происходит за счет ударного воздействия черпающими кромками норийных ковшей; головка нории (2), где травмирование происходит за счет ударно-истирающего воздействия при центробежной разгрузке зерна, при движении зернового потока по самотечному транспорту (3), особенно в местах изменения направления движения потока; при заполнении емкостей (4) при ударе о днище и прилегающей к нему внутренней поверхности. Установлено, что около 40% зерен, от общего числа травмированных повреждается в башмаке нории, при зачерпывании зерна ковшами, а остальные 60% - при разгрузке зерна в головке нории. Таким образом, одной из важнейших проблем минимизации потерь зерна при его обработке и хранении является предупреждение его травмирования, в частности, появления битых и обрушенных зерен при транспортировке, погрузочно-разгрузочных работах.

При прохождении зерна по технологической линии от элемента к элементу оно травмируется, и количество нетравмированного зерна после i-ой операции будет:

$$x_i = x_{i-1} \cdot P_i \quad (1)$$

где x_0, x_{i-1} – количество нетравмированного зерна до и после рассматриваемой операции; P_i – вероятность сохранения нетравмированного зерна в процессе i -ой операции.

Значение P_i зависит от вероятности контакта неповрежденного зерна с поверхностью трения P_p , скорости его соударения с рабочим элементом v , протяженности технологической линии z , т.к. перечисленные события являются независимыми, то

$$P_i = P_p \cdot P_v \cdot P_z \quad (2)$$

где P_p, P_v, P_z – вероятности сохранения неповрежденного зерна соответственно после контакта его с рабочей поверхностью P , скоростью контакта v , при протяженности технологической линии z .

Представленные вероятности можно вычислить по формулам:

$$P_p = e^{-\lambda_1 v}; \quad (5)$$

$$P_v = c^{-\lambda_2 v}; \quad (5)$$

$$P_z = c^{-\lambda_3 kz}; \quad (5)$$

где λ_i – интенсивность потока; k – коэффициент, показывающий, какая часть материала от всей массы, перемещается на величину z .

$$k = \frac{m_{\text{общ}} - m_c}{m_{\text{общ}}} = 1 - G; \quad (6)$$

где $m_{\text{общ}}, m_c$ – масса зерна поданного на обработку и ушедшего в обратную сыпь; G – величина обратной сыпи. Вероятность контакта неповрежденного зерна с поверхностью трения P определяется как произведение вероятности контакта зерна с рассматриваемыми элементами P_1 на вероятность содержания нетравмированного зерна в ворохе P_2 .

Если x_{i-1} выразить в долях от i , то $P_2 = x_{i-1}$, подставляем в формулу (1) значение вышеприведенных параметров и преобразуем, получим:

$$x_i = x_{i-1} \cdot e^{-\lambda_1 P_1 x_{i-1} - \lambda_2 v(1 - \sin \alpha_1) - \lambda_3 kz}, \quad (7)$$

где α_1 – угол между вектором скорости в момент удара и нормалью к поверхности соударения.

Таким образом содержание травмированного зерна в процентах после выполнения i -ой операции будет равно:

$$T_n P_i = [1 - x_{i-1} \cdot e^{-\lambda_1 P_1 x_{i-1} - \lambda_2 v(1 - \sin \alpha_1) - \lambda_3 kz}] \cdot 100. \quad (8)$$

Полученная зависимость является универсальной и может использоваться для определения уровня травмирования зерна на стадии проектирования как зерноочистительного агрегатов, так и их элементов. При транспортировании зерна норией некоторая его часть, равная величине обратной сыпи, в момент схода ковша с барабана выбрасывается в башмак с высоты z .

Если зерно транспортируется скребковым транспортером, или шнековым, и при этом отсутствует обратная сыпь, то $G = 0$ и $k = 1$.

При перемещении зерна ленточным транспортером, когда отсутствует относительное скольжение материала по ленте, принимаем $v=0$ и $z=0$. Суммарное травмирование зерна после выполнения n операций будет равно:

$$\Delta T_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n (T_{\text{пр}i} - T_{\text{пр}i-1}); \quad (9)$$

т.к. наибольшее травмирование зерну наносят транспортирующие органы зерноочистительных линий, то нами определена вероятность контакта зерна с их рабочими элементами P_1 , которая равна отношению объема зерна непосредственно контактируемого с поверхностью трения к общему объему, транспортируемому элементом.

Значение P_1 для скребкового транспорта будет равно:

$$P_1 = \frac{2b_3}{B} + \frac{l(B-2b_3)a_3 \rho v_{\text{тр}}}{qt}; \quad (10)$$

где a_3 и b_3 – толщина и ширина зерна (м), B – ширина скребка, м; l – длина слоя, контактирующая с поверхностью трения (м); ρ – плотность материала кг/м³; $v_{\text{тр}}$ – скорость транспортера (м/с); q – секундная подача, кг/с; t – шаг постановки скребков, м.

Для ленточного транспортера с плоской лентой:

$$P_1 = \frac{1}{q} v_{\text{тр}} \rho a_3 \left(b_0 - \frac{b-b_0}{\cos \alpha} \right); \quad (11)$$

где b – ширина контактируемого слоя; b_0 – ширина горизонтального участка ленты, м; α – угол подъема.

Анализ полученных выше выражений показывает, что P_1 зависит от конструктивных и режимных параметров транспортирующих органов, а также физико-механических характеристик транспортируемой массы, что позволяет выявить факторы влияющие на травмирование зерна при послеуборочной обработке.

Травмирование зерна, приводящее к крайне нежелательным явлениям (снижению его потребительских свойств и безопасности при хранении, увеличению количественных и качественных потерь), значительно сокращается при использовании полимерных материалов. В настоящее время и в

России, и за рубежом находят применение эффективные решения использования полимерных материалов в транспортном оборудовании, снижающие отрицательный эффект воздействия на зерно рабочих органов в процессе послеуборочной обработки и одновременно улучшающие условия эксплуатации технологического и транспортного оборудования. Результаты исследований ВНИИЗ по снижению травмирования зерна при ударе о преграду из полимерных материалов с различной скоростью представлены на рис. 3.

Для снижения травмирования зерна необходимо использовать полимерные норийные ковши, скребки для конвейеров, футеровка износостойкими листами самотеков, сбрасывающих головок норий, покрытие износостойким материалом внутренних поверхностей бункеров и шнеков.

При применении полимерных ковшей: • сокращается в 2...5 раз травмирование зерна и семян в результате высокой эластичности и значительно меньшей твердости кромки полимерного ковша по сравнению с металлическим.

Колебания уровня травмирования семян тем или иным элементом поточной линии зависит от их конструктивных и режимных параметров, а также физико-механических свойств зерна. Травмирование зерна поточной линией в целом зависит от количества тех или иных элементов, их параметров и сочетания, протяженности технологической линии, которая существенно зависит от реализуемой технологии послеуборочной обработки зерна. Уменьшение протяженности технологической линии может достигаться при фракционировании зернового вороха на первых этапах его обработки, т.е. это позволит упростить технологическую линию для обработки каждой полученной при этом фракции. Однако, несмотря на большое количество публикаций, вопрос выбора путей дальнейшего снижения травмирования зерна при послеуборочной обработке требует более обстоятельного изучения, так как уровень травмирования зерна остается достаточно высоким.

Список использованных источников.

1. Анализ технологических схем и моделирование процессов послеуборочной обработки зерновой и незерновой части / Бойко А.А., Подлесный Д.С., [и др.] // Инновационные технологии в науке и образовании (ИТНО-2019) сборник трудов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ДГТУ (РИСХМ). 2019. С. 205-210.

2. Анализ травмирования семенного материала при очистке на зерноочистительном агрегате типа ЗАВ / Пахомов В.И., Бойко А.А., Подлесный Д.С., [и др.] // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса сборник научных трудов XII Международной научно-практической конференции в рамках XXII Агропромышленного форума юга России и выставки «Интерагромаш». Донской государственный технический университет, Аграрный научный центр «Донской». 2019. С. 435-438.

3. Механическая повреждаемость зерна при ударе/ С. А. Алфёров, А. А. Панов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1981. - № 3.-С.50-51.

4. Причины травмирования зерна и меры по их устранению / Фейденгольд В.Б., Белецкий С.Л., // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. – М. 2016. С. 204 – 217