

УДК 629.3.027.3:004.94

ЗАЩИТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КОРПУСА ПЛУГА

¹Е.В. Томило, ²В.В. Левкович

¹Белорусский национальный технический университет,

²Физико-технический институт НАН Беларуси

г. Минск, Беларусь

Предложенные конструкции защитных элементов корпусов плугов обладают повышенной жесткостью при малых значениях нагружения. Использование такого типа упругих элементов исключает срабатывание защитного элемента при наезде на встречающиеся в почве незначительные преграды. Применение предложенных защитных элементов позволяет повысить ресурсную долговечность защитных элементов корпусов плугов и качество вспашки.

Construction designs of the plow base protective elements are presented. The engineering solutions offer increased bending stiffness under the low load values. Using this type of elastic elements excludes the operation of the protective element when hitting encountered in the soil minor obstacles. Application of the proposed protective elements allows increasing endurance of the plow base protective elements and the quality of plowing.

В современном сельхозмашиностроении широкое распространение в качестве защитных элементов корпусов плугов получили плоские металлические упругие элементы. Чаще всего используют многолистовые рессоры, выполненные в виде набора листов постоянного поперечного сечения и различной длины. Такие металлические упругие элементы обладают высокой эксплуатационной надёжностью, стабильностью работы при различных температурах и возможностью оперативного изменения характеристик посредством добавления или удаления листов.

Однако, с целью уменьшения и устранения недостатков, присущих многолистовым рессорам (таких как большой вес, габариты, низкие скорость срабатывания и виброзащитные свойства, обусловленные межлистовым трением [1]), в последнее время в качестве защитных элементов корпусов плугов используют малолистовые рессоры, представленные в виде набора листов постоянной ширины с толщиной, изменяющейся по параболическому закону [2].

Защитные элементы корпусов плугов обеспечивают безопасность функционирования рабочих органов почвообрабатывающих машин при наезде на встречающиеся в почве инородные объекты (камни, корни и др.).

В процессе работы корпус плуга удерживается в почве на глубине вспашки (положение I на рис. 1);

в случае наезда на препятствие (усилие передается на подвижный конец рессоры в продольном направлении) рессора упруго деформируется и обеспечивает извлечение корпуса плуга из почвы (положение II на рис. 1). Далее следует выпрямление рессоры и возвращение корпуса плуга его в исходное положение (положение I на рис. 1).

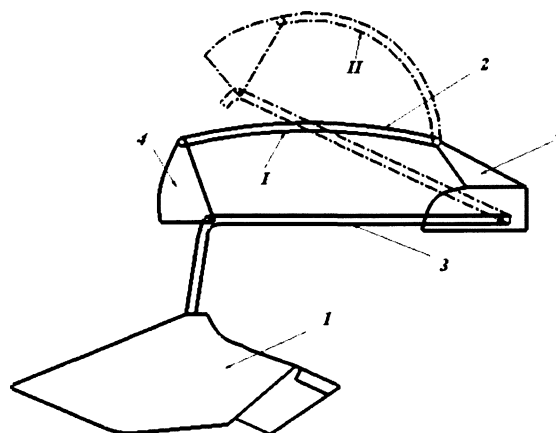


Рис. 1. Схема работы защитного механизма корпуса плуга:

I – положение рессорной защиты при вспашке;
 II – положение срабатывания упругого элемента при наезде на препятствие; 1 – корпус плуга; 2 – упругий элемент; 3 – грядиль; 4 – кронштейн подвижный; 5 – кронштейн неподвижный

Недостатком малолистовых рессор в качестве защитных элементов корпусов плуга является их недостаточная жесткость в процессе работы при малых степенях деформации, что вызывает работу рессор по циклу извлечение–заглубление плуга при наезде на незначительные препятствия (которые не могут привести к повреждению элементов корпуса плуга).

Рессорная защита в процессе вспашки при наезде плуга на небольшие преграды (комки, уплотнения в почве) срабатывает вхолостую, что ухудшает качество вспашки и условия работы деталей и узлов плуга. Наличие дополнительных рабочих циклов, характеризующихся знакопеременными напряжениями, снижает ресурсную долговечность рессорного листа. А для рессор, как защитных элементов корпуса плуга, наиболее остро стоит вопрос усталостной долговечности. Таким образом, срабатывание упругого элемента при наезде плуга на незначительные препятствия в почве (работа по циклу извлечение–заглубление корпуса плуга) ухудшает качество вспашки и снижает ресурс работы защитного элемента, что может привести к его преждевременной поломке.

При использовании защитного элемента с прямоугольным поперечным сечением (классические многолистовые и малолистовые рессоры) рессорный лист начинает деформироваться уже сразу с момента приложения нагрузки. Чтобы исключить срабатывание рессорной защиты при наезде на небольшие препятствия, необходимо оптимизировать закон изменения коэффициента жесткости на начальной стадии нагружения. Это возможно посредством изменения геометрии поперечного сечения рессорного листа. Наиболее оптимальной является геометрия поперечного сечения в виде сектора кольца, т.к. при нагрузке, не превышающей критическое значение, определяемое радиусом сектора кольца, вся работа силы идет на увеличение радиуса сектора кольца без изгиба рессорного листа в продольном направлении. При достижении радиусом сектора кольца бесконечности (т.е. поперечное сечение рессорного листа принимает прямоугольную форму) деформация рессорного листа идентична деформации прототипа.

Нами предложено несколько технических решений.

Первым техническим решением является защитный элемент, выпол-

ненный в виде полосы постоянной ширины и толщиной, изменяющейся по параболическому закону. Однако поперечное сечение, в отличие от классической малолистовой рессоры, представляет собой сектор кольца с неизменным по всей длине защитного элемента радиусом R , выбираемым в зависимости от необходимого коэффициента жесткости защитного элемента (рис. 2). Таким образом, для «легких» почв R выбирается большим, чем для «тяжелых» почв.

Из определения внутренних усилий в элементах плуга (рис. 3) нами установлено, что на подвижный конец защитного элемента (подвижный шарнир А) в процессе эксплуатации действуют горизонтальная и вертикальная составляющая усилия. Причем вследствие шарнирного закрепления неподвижного конца защитного элемента (неподвижный шарнир В) вертикальная составляющая вызывает движение защитного элемента вокруг шарнирного закрепления. Горизонтальная составляющая усилия будет проводить сжатие защитного элемента.

Таким образом, задачу расчета защитного элемента можно свести к задаче продольного изгиба.

На рис. 4 представлены результаты компьютерного моделирования срабатывания предложенного технического решения. А именно процесс выпрямления радиуса сектора кольца в поперечном сечении. Представлена картина деформирования защитного элемента с шагом 0,014 с. Исследования проводились для скорости вспашки 2,5 м/с. Левый конец рессорного листа шарнирно закреплён, а правый свободно перемещается вдоль оси ОХ. При моделировании защитный элемент был рассмотрен как линейно-деформи-

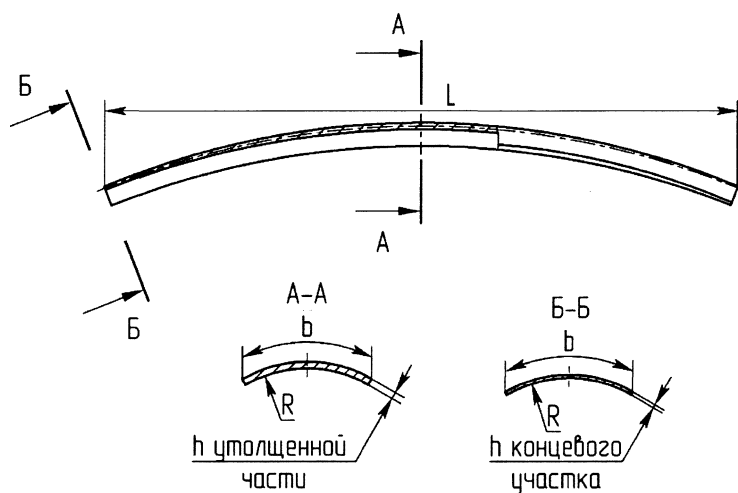


Рис. 2. Защитный элемент

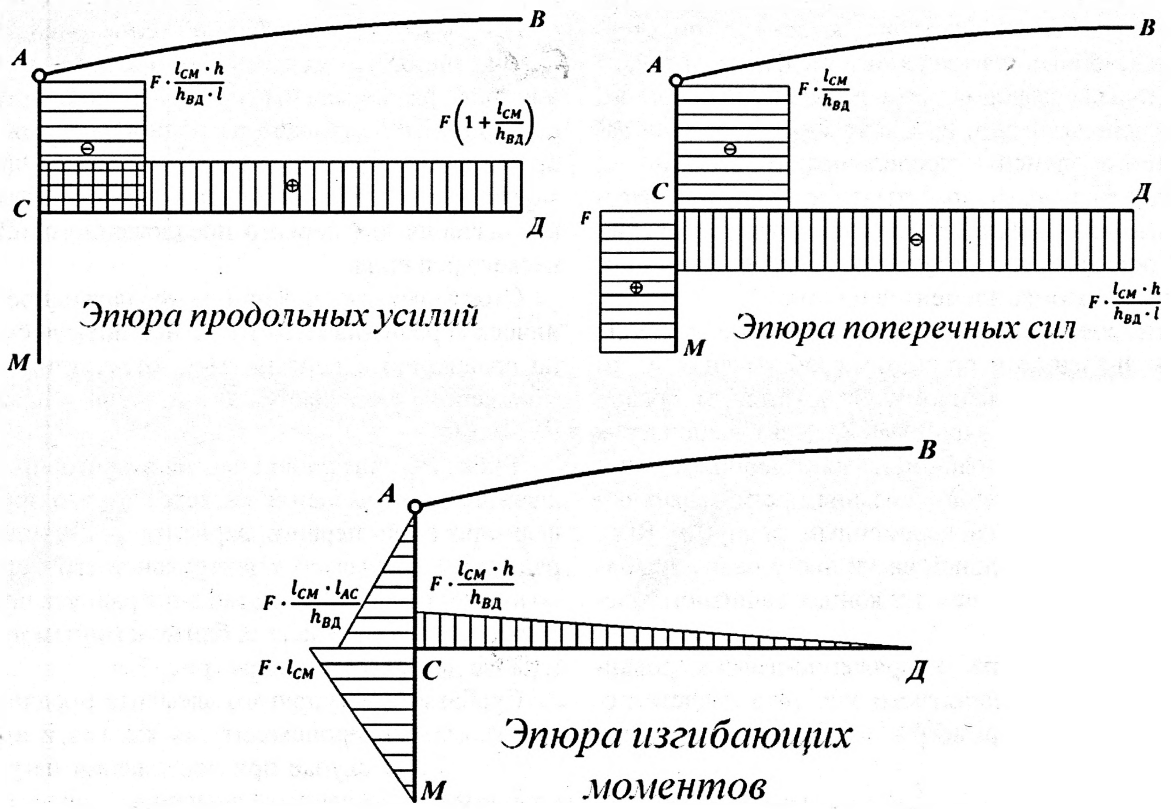


Рис. 3. Эюры внутренних усилий

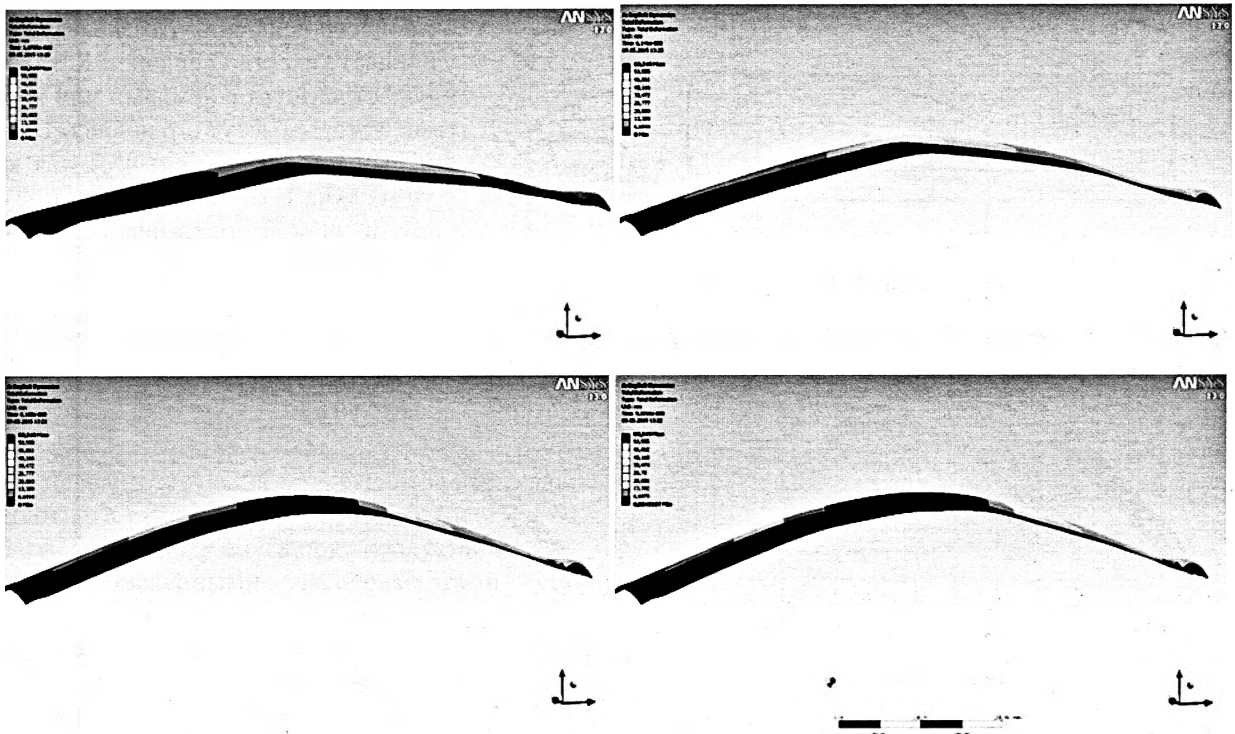


Рис. 4. Компьютерное моделирование деформирования защитного элемента

рованное изотропное тело. Очевидно, что сначала следует выпрямление радиуса сектора поперечного сечения в центральной части, а затем только продольная деформация рессоры. Таким образом, при использовании предложенной геометрии защитного элемента продольные деформации, а, следовательно, и срабатывание защитного элемента, будут наблюдаться только при достижении критического усилия (усилия, которое может привести к поломке элементов плуга).

Второе предложенное техническое решение по назначению и принципу срабатывания идентично выше описанному. Отличается от предыдущего тем, что защитный элемент выполнен в виде полосы постоянной не только ширины, но и толщины. Поперечное сечение представляет собой сектор кольца переменным радиусом $R(x)$, причём в центральной части листа радиус выбирается меньшим, чем на концах защитного элемента (рис. 5).

Моделирование напряжённо-деформированного состояния защитного элемента представлено на рис. 6. Параметры моделирования задава-

лись аналогичными выше описанному случаю, однако, разумеется, с отличной геометрией.

Очевидно, что нормальные напряжения равномерно распределены по поверхности листа рессоры, что указывает на рациональность выбранной геометрии защитного элемента. Однако значения для деформаций значительно превышают значения для первого предложенного технического решения.

Стоит заметить, что второе предложенное техническое решение является менее металлоёмким по сравнению с первым из-за отсутствия зоны утолщения, что является значительным преимуществом.

Также отличительной чертой второго, предложенного нами, решения является то, что при деформировании первого варианта распрямление радиуса наблюдается в центральной его части, а во втором варианте распрямление радиуса происходит сначала на участках ближе к концам листа, и далее движется к центру (рис. 7).

Срабатывание упругого элемента предложенной геометрии происходит так же, как и в первом случае при достижении нагрузки критического значения. Такой алгоритм срабатывания обеспечивает отсутствие рабочих циклов при наезде плуга на комки и уплотнения в почве, которые также необходимо обработать в процессе вспашки, что значительно улучшает качество вспашки. Когда же плуг встречается с камнями или корягами, которые могут его повредить, защитный элемент срабатывает, так как в этом случае усилие, передаваемое на упругий элемент, превышает критическое значение.

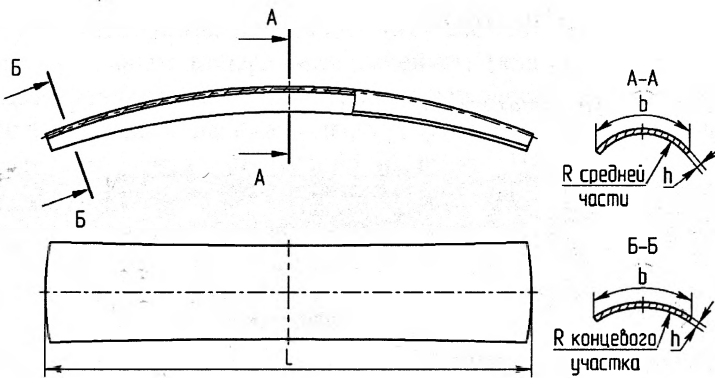


Рис. 5. Защитный элемент

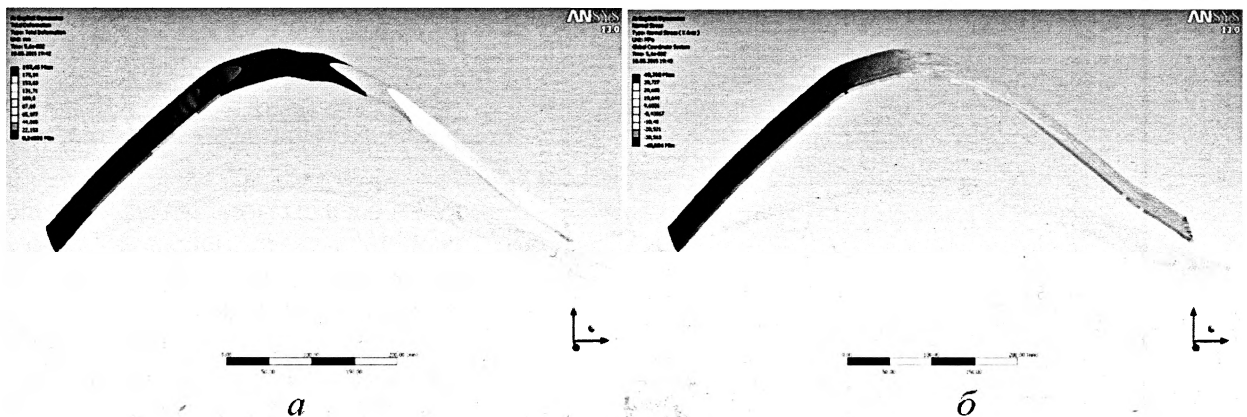


Рис. 6. а – деформации; б – нормальные напряжения

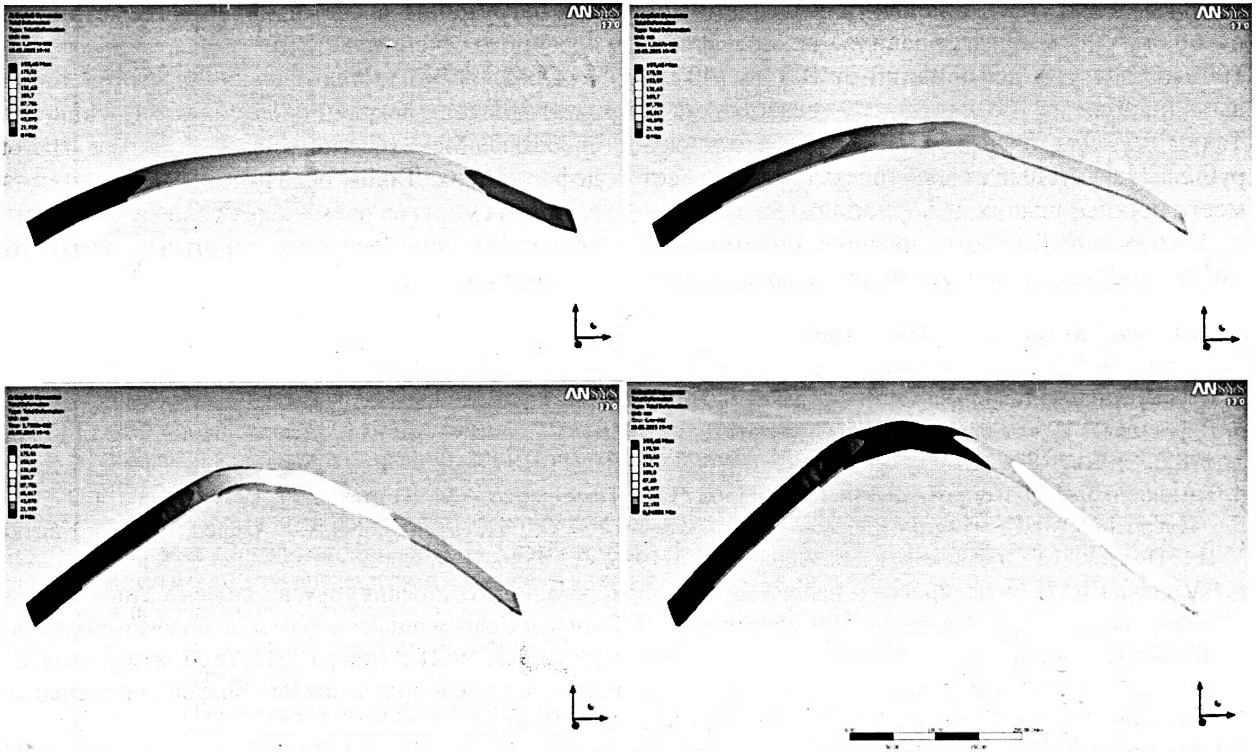


Рис. 7. Деформации защитного элемента

Третьим предложенным техническим решением является защитный элемент, выполненный из листа оваловидной формы постоянной толщины. Причём и поперечное сечение, и продольное представляют собой сектор кольца радиусом R (рис. 8).

Для предложенных нами технических решений на начальном этапе деформации небольшому приращению перемещения соответствует значительное приращение усилия (рис. 9). Благодаря этому корпус плуга не извлекается из почвы при наезде на препятствие, столкновение с которым не может привести к повреждению элементов плуга. При достижении нагрузкой критического значения происходит срабатывание защитного элемента, тем самым обеспечивая безаварийную работу плуга при эксплуатации.

Многочисленными экспериментами установлено, что за год эксплуатации защитного элемента корпуса плуга совершает около 2–2,5 тыс. циклов работы. Причём за всё время эксплуатации для деформации от 10 до 30 мм происходит в среднем 10–15 тыс. циклов; для деформации от 30 до 60 мм происходит в

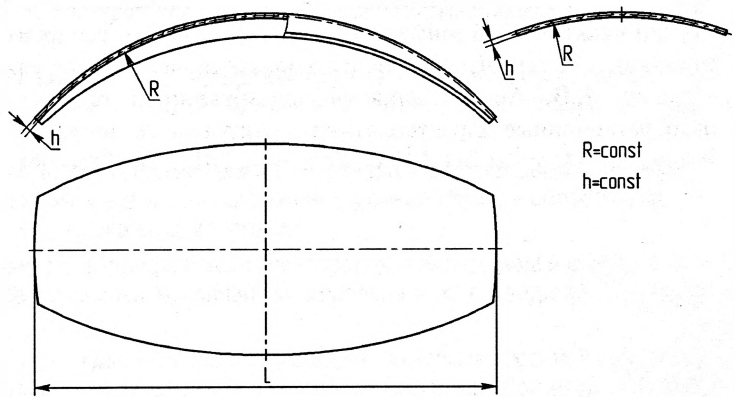


Рис. 8. Защитный элемент

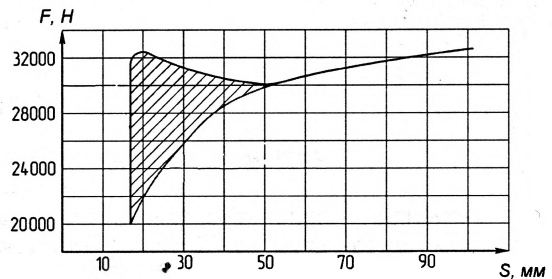


Рис. 9. Зависимость усилия сжатия защитного элемента в продольном направлении от перемещения свободного конца защитного элемента

среднем 3–3,6 тыс. циклов; для деформации от 60 до 100 мм, как правило, не превышает 1000 циклов; для деформации от 100 до 140 мм выполняется не более 80–100 срабатываний. Таким образом, очевидно, что усталостное разрушение, зависящее от количества циклов, имеет место при небольших деформациях (до 60 мм).

Целью нашей работы являлось оптимизация закона изменения жесткости на начальной ста-

дии нагружения за счет изменения геометрии поперечного сечения защитного элемента

Предложенные технические решения позволяют за счет повышенной жесткости исключить срабатывание защитного элемента при малых деформациях. Таким образом, использование такого типа упругих элементов позволяет повысить ресурсную долговечность защитных элементов корпусов плугов.

Список использованных источников

1. Горелик А. М. Малолистовые рессоры. М.: НИИНАвтопром, – 1981, с. 191.
2. Перспективные технологии / Под редакцией В.В. Клубовича – Витебск: Изд-во УО «ВГТУ», 2011. – 599 с.
3. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1983. – 495 с.
4. Тимошенко, С. П. Сопротивление материалов / С.П. Тимошенко. – М. :Гостехиздат, 1943. – 345 с. Т. 2.
5. Писаренко, Г.С. Сопротивление материалов / Г.С. Писаренко, В.А. Агарёв, А.Л. Квитка, В.Г. Попков, Э.С. Уманский. Киев. Вища школа, 1986. - С. 458-461.
6. Василевич, Ю.В. Моделирование напряжённно-деформированного состояния упругих элементов при больших деформациях / Ю.В. Василевич, В.В. Левкович, Е.В. Томило // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: VII Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 19-21 сентября 2012 г.): сб. материалов. В 3 кн. Кн. 3. Технологические процессы обработки металлов давлением, получения материалов с применением технологий литья. – Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2012. – С. 215-221.
7. Перспективные материалы и технологии / Под редакцией В.В. Клубовича – Витебск: Изд-во УО «ВГТУ», 2013. – 655с. – Глава 18. Аналитический расчёт и компьютерное моделирование напряжённно-деформированного состояния листовых рессор // Клубович В.В., Василевич Ю.В., Томило Е.В., Игнатков Д.А. – С.356–389.
8. Василевич Ю.В., Томило Е.В. Расчёт элементов почвообрабатывающей техники с учётом влияния инерционных сил // Современное состояние и проблемы естественных наук: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных, аспирантов и студентов / Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014 – С. 308-312.
9. Томило, Е.В. Анализ влияния конструкции и геометрии защитного элемента корпуса плуга на эксплуатационные характеристики // Актуальные вопросы машиностроения: Сборник научных трудов. Выпуск 2. – Минск: ОИМ НАН Беларуси, 2013. – С. 286–289.