

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВИБРАЦИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ РЕШЕТНЫХ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Андрей Сергеевич Корнев
Владимир Иванович Оробинский

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Зерновое производство напрямую зависит от эффективности послеуборочной обработки, для осуществления которой в основном используются решетчатые зерноочистительные машины. Основным рабочим органом таких машин являются плоские качающиеся решета. Процесс решетчатой сепарации зависит от множества факторов, таких как: физико-механические свойства материала, равномерность его распределения при подаче, размер отверстий и угол наклона решет, длина и угол наклона подвесок, исполнение механизма привода решетчатого стана, качество очистки поверхности решет, а также режимов работы машины. Выявление и оптимизация наиболее значимых факторов позволят повысить эффективность сепарации решет зерноочистительных машин при соблюдении санитарно-экологических норм, к которым относятся уровень шума, вибрации, запыленность, электробезопасность и другие. Определено, что в крайних точках перемещения решетчатого стана возникают значительные вибрационные нагрузки, пагубно влияющие на процесс сепарации и в целом на надежность машин. Для определения работоспособности предлагаемого решетчатого стана была проведена серия сравнительных опытов по очистке зернового вороха озимой пшеницы (сорт Московская 39). В качестве базового элемента использовали конструкцию серийного привода с жесткой связью соединительных звеньев. Исследования проводили на амплитудах 28 и 16 мм при изменении частоты вращения приводного вала электродвигателя от 300 до 450 мин⁻¹. Установлено, что использование предложенного технического решения привода решетчатого стана при амплитудах 16 и 28 мм позволяет повысить производительность на 2,5...17,0% в сравнении с серийной конструкцией. Предложены конструкции привода и подвесок решетчатого стана, применение которых позволит снизить вибрационные нагрузки, возникающие в процессе возвратно-поступательного движения решетчатого стана, что обеспечит надежность работы зерноочистительной машины.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: решетчатый стан, привод, эксцентриковый механизм, процесс сепарации, инерционные силы, вибрация, зерноочистительная машина.

ENGINEERING SOLUTIONS FOR THE PROVISION OF REDUCTION OF VIBRATIONS OCCURRING WHILE IN OPERATION OF SIEVE-TYPE GRAIN CLEANING MACHINES

Andrey S. Kornev
Vladimir I. Orobinsky

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

Grain production is directly dependent on the efficiency of post-harvest processing, for which mainly the sieve-type grain cleaning machines are used. The main working bodies of such machines are flat shaking sieves. The process of sieve separation depends on many factors, such as the physical and mechanical properties of the material, the uniformity of its distribution during delivery, the size of holes and sieve angles, the length and angle of suspension, execution of the gear mechanism of sieve boot, the quality of cleaning of sieve surfaces, and the operating modes of the machine. Identification and optimization of the most important factors will increase the efficiency of separation of the sieves of grain-cleaning machines complying with sanitary and ecological norms, including noise, vibration, dust, electrical safety and others. It was determined that in the extreme points of sieve pan movement there are significant vibration loads that affect the process of separation and overall reliability of machines. In order to determine the working capacity of the proposed sieve pan the authors have conducted a series of comparative tests for separation of winter wheat thrashed heap (the Moskovskaya 39 cultivar). The basic element was the construction of a serial gear with rigid connection of joint links. Studies were conducted at the amplitudes of 28 and 16 mm, while changing the frequency of rotation of the driving shaft of the electric motor from 300 to 450 min⁻¹. It was established that the use of the proposed technical solution of the sieve pan gear at

the amplitudes of 16 and 28 mm could improve the performance by 2.5-17.0% compared to the serial construction. The authors have proposed the construction of the gear and suspensions of the sieve pan, the use of which would reduce the vibration loads occurring during the reciprocating motion of the sieve pan, which would provide a reliable operation of grain cleaning machines.

KEY WORDS: sieve pan, gear, cam mechanism, separation process, inertial forces, vibration, grain cleaning machine.

В процессе производства зерновой продукции как продовольственного, так и семенного назначения активную роль играет послеуборочная обработка. Для нее характерно использование зерноочистительных машин, принцип действия которых основан на решетной сепарации. Решетные зерноочистительные машины обладают высокой универсальностью и в связи с этим нашли широкое применение как в нашей стране, так и за рубежом. Поэтому совершенствование процесса сепарирования зерна на плоских решетках за счет модернизации конструкции и обоснования параметров зерноочистительных машин представляет собой важную задачу. Интенсифицировать разделение зерновой смеси на решетках и повысить надежность работы можно за счет снижения вредных вибраций, возникающих в процессе работы решетных зерноочистительных машин [2, 4, 10, 11].

В известных зерноочистительных машинах для обеспечения колебательного движения решетного стана предусмотрен такой технический элемент, как механизм привода. В общем случае он состоит из электродвигателя или другого силового агрегата, механизма передачи и преобразования вращательного движения от двигателя в возвратно-поступательное движение решета. Чтобы решетный стан смог совершать колебательные движения, его закрепляют при помощи подвесок, выполненных в виде плоских пружин, тросов, крепежных стоек и других конструкций.

В большинстве зерноочистительных машин привод решетного стана осуществляется посредством эксцентрикового механизма, который жестко связан ведомыми звеньями исполнительного механизма с ситовыми кузовами, прикрепленными к станине на подвесках. В крайних точках перемещения решетного стана возникают переменные по величине и знаку силы инерции, зависящие от его массы, амплитуды и частоты колебаний, которые передаются с одной стороны на корпус, с другой – на эксцентрик через соединительные звенья. При этом обеспечить равномерную нагрузку, действующую на подвески силой тяжести решетного стана, практически не представляется возможным, что приводит к возникновению вибраций и в конечном итоге снижает надежность работы и производительность зерноочистительной машины в целом [3, 5, 6, 11, 12].

Установлено, что одним из факторов, влияющих на кинематический режим работы решетного стана, являются вибрационные колебания рамы машины, которые возникают по причине неполной уравновешенности сил инерции колеблющихся масс. В процессе работы решетного стана его амплитуда увеличивается на 30-40% по сравнению с номинальной из-за колебаний рамы зерноочистительной машины, что нарушает закон движения зерносмеси по решетку и снижает эффективность процесса сепарации [1, 9]. Помимо этого вибрация является причиной возникновения знакопеременных нагрузок, что приводит к усталостному разрушению конструкции машин. Вибрационное воздействие также оказывает негативное влияние на организм человека, обслуживающего зерноочистительный агрегат, особенно на центральную нервную систему. Длительное действие вибрации частотой $f = 250-350$ Гц приводит к возникновению такого профессионального заболевания, как «вибрационная болезнь», которая сопровождается стойкими патологическими нарушениями в организме. Вследствие вышеуказанных причин необходим поиск технических решений для снижения действия негативной вибрации.

Гашение вибраций осуществляют при помощи специальных устройств – динамических гасителей, которые не входят в основную, конструктивную цепь. Несмотря на наличие данных элементов конструкций, проблема снижения вибрации остается от-

крытой, так как уравновешивание зерноочистительной машины представляет собой большие трудности. Поэтому приходится ограничиваться лишь частичным уравновешиванием (60-70%) [2, 10].

В качестве решения данной проблемы может послужить использование конструкции привода решетчатого стана (рис. 1), разработанного на кафедре сельскохозяйственных машин Воронежского ГАУ.

Решетчатый стан содержит корпус 1 с решетками 2, который закреплен на раме машины 4, вертикальными подвесками 3 и привод, включающий, эксцентрик 6 и толкатель 7, в плоскости которого корпус решетчатого стана крепится к раме пружиной 5. Между механизмом привода, в частности – толкателем, и корпусом решетчатого стана отсутствует жесткая связь, как в случае с использованием шатуна или других соединительных звеньев [6].

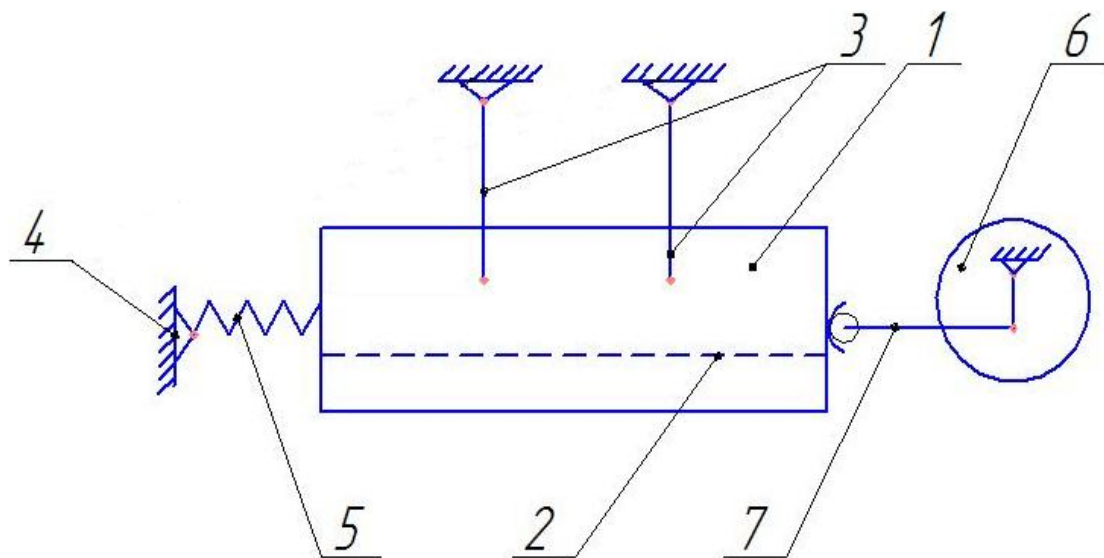


Рис. 1. Привод решетчатого стана: 1 – решетчатый стан; 2 – решето; 3 – передняя и задняя плоские пружины; 4 – рама машины; 5 – пружина; 6 – эксцентрик; 7 – толкатель

При работе решетчатого стана вращательное движение от электродвигателя через эксцентрик 6 преобразуется в возвратно-поступательное перемещение толкателя 7. В этот момент возникает контактно-силовое взаимодействие между ним и корпусом решетчатого стана 1. При движении толкателя 7 влево решетчатый стан 1, подвешенный на подвесках 3, также отклоняется в эту сторону. Инерционные силы, в этот момент преодолевают жесткость пружины 5 и сжимают ее. Силовое взаимодействие между толкателем 7 и решетчатым станом 1 снижается и при известной жесткости пружины 5 может сократиться до 0. При обратном движении толкателя 7 решетчатый стан 1, под действием сжатой пружины 5, также перемещается вправо. При этом инерционные силы обеспечивают обратное движение эксцентрика 6, и в дальнейшем совершается повторение процесса. Во время этого процесса происходит перераспределение энергии между приводом и инерционными силами решетчатого стана.

В крайних точках перемещения решетчатого стана происходит разрыв силового взаимодействия между толкателем и решетчатым станом [7]. Силовое взаимодействие непостоянно, при движении влево эксцентриковый привод нагружен и возникает момент силы от массы решетчатого стана и от силы сжатия пружины, которые преодолеваются за счет эксцентрикового механизма. При этом происходит активное силовое взаи-

модействие между толкателем и решетным станом, которое используется на отклонение решетного стана и сжатие пружины. При движении вправо привод не испытывает нагрузки и колебания не передаются на корпус машины, происходит пассивное взаимодействие, а именно момент от массы решетного стана и разжатие пружины воздействуют на толкатель, что снижает энергозатраты эксцентрикового механизма на вибрацию корпуса и нагрузку во всех звеньях. Инерционные силы, возникающие во время работы решетного стана, зависят от оптимальных значений амплитуды и частоты его колебаний [7].

Для определения работоспособности представленного решетного стана была проведена серия сравнительных опытов по очистке зернового вороха озимой пшеницы (сорт Московская 39). В качестве базового элемента использовали конструкцию серийного привода с жесткой связью соединительных звеньев [5]. Исследования проводили на амплитудах 28 и 16 мм при изменении частоты вращения приводного вала электродвигателя от 300 до 450 мин⁻¹ (рис. 2).

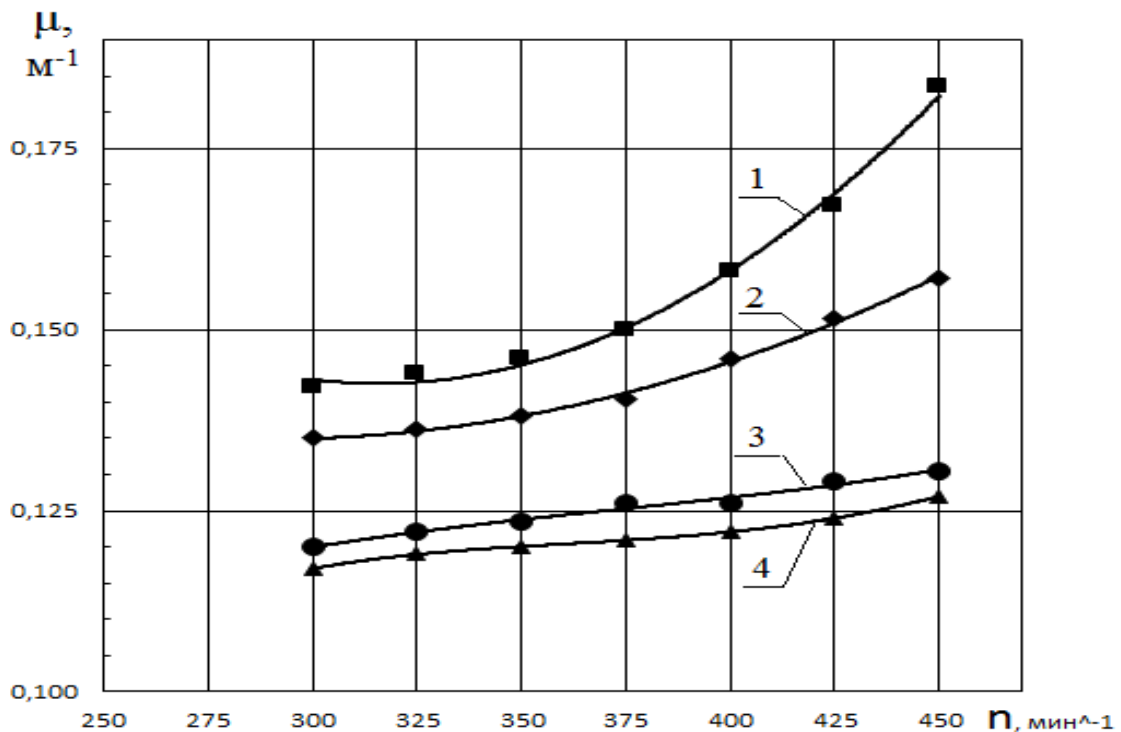


Рис. 2. Влияние частоты вращения привода решетного стана на коэффициент сепарации:
 1 – предлагаемый привод, $A = 28$ мм; 2 – серийный привод, $A = 28$ мм;
 3 – предлагаемый привод, $A = 16$ мм; 4 – серийный привод, $A = 16$ мм

Анализ результатов исследований, представленных на рисунке 2, показывает, что с увеличением частоты вращения вала привода решетного стана коэффициент сепарации при использовании базового механизма привода остается в пределах 0,12...0,16 м⁻¹, а в предложенном варианте он увеличивается от 0,13 до 0,24 м⁻¹. Исследованиями установлено, что использование предложенного технического решения при амплитудах 16 и 28 мм позволяет повысить производительность на 2,5...17,0%. Это объясняется более мягким режимом работы решетного стана за счет снижения инерционных сил [2, 6].

Неравномерность нагружения решет продуктами зернового вороха при работе зерноочистительной машины приводит к возникновению инерционных сил, действующих не только в горизонтальной, но и в вертикальной плоскости. При этом в крайних

положениях решетного стана влияние этих сил имеет максимальное значение. Снизить влияние вибрации в вертикальной плоскости позволит применение конструкции решетного стана, схема которого представлена на рисунке 3.

Решетный стан содержит корпус 1 с решетками 2, закрепленный вертикальными подвесками 3 на раме машины 4, а также горизонтально расположенную пружину 5, привод, состоящий из эксцентрика 6, толкателя 7. Между вертикальными подвесками равномерно расположены цилиндрические витые пружины 8.

Установка между плоскими подвесками 3 витых пружин растяжения 8 позволит перераспределять воздействие массы решетного стана в вертикальной плоскости не на отдельные точки, а более равномерно по всей длине решетного стана зерноочистительной машины. Это позволит существенно сократить вредные воздействия вибрации и снизить нагрузку на вертикальные подвески 3 [8].

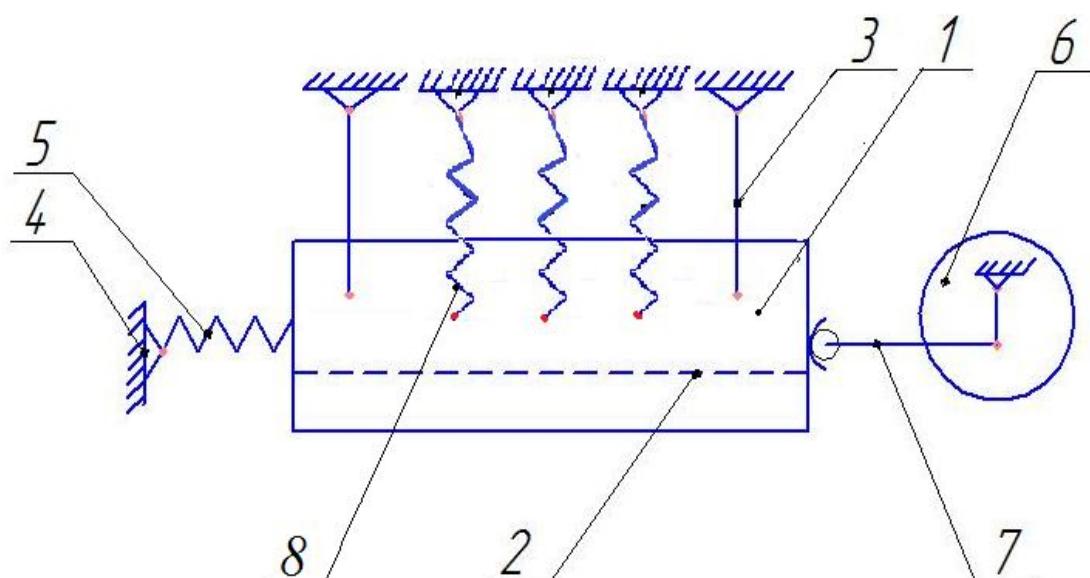


Рис. 3. Схема подвеса решетного стана: 1 – решетный стан; 2 – решетка; 3 – подвеска; 4 – корпус машины; 5 – пружина; 6 – эксцентрик; 7 – толкатель; 8 – цилиндрические витые пружины

Представленные выше конструкции привода и подвесок решетного стана позволят снизить вибрационные нагрузки, возникающие в процессе возвратно-поступательного движения решетного стана. Это обеспечит надежность работы зерноочистительной машины и позволит снизить риск возникновения вибрационной болезни у обслуживающего персонала.

Библиографический список

1. Безопасность жизнедеятельности в выпускных квалификационных работах / А.А. Андрианов [и др.] – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014. – 170 с.
2. Быков В.С. Теория процесса сепарирования сыпучих смесей на плоских качающихся решетках / В.С. Быков. – Воронеж : ВГЛТА, 1996. – С. 244.
3. Быков В.С. Увеличение производительности плоскорешетных сепараторов / В.С. Быков. – Воронеж : ВГЛТА, 1996. – С. 46.
4. Галкин В.Д. Вибропневмосепаратор для подготовки семян / В.Д. Галкин, К.А. Грубов // Сельский механизатор. – 2010. – № 2. – С. 15.
5. Гиевский А.М. Качественные показатели работы двухаспирационной пневмосистемы зерноочистительной машины с одним воздушным потоком / А.М. Гиевский, А.В. Чернышов, И.В. Баскаков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2015. – № 9. – С. 15-16.
6. Корнев А.С. Повышение эффективности сепарации зерна на плоских решетках зерноочистительных машин : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / А.С. Корнев. – Воронеж, 2015. – 156 с.
7. Пат. № 142434 Российская Федерация, МПК А 01 F 12/44. Решетный стан / Сундеев А.А., Оробинский В.И., Корнев А.С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Воронежский государственный аграрный университет. – № 2013157638/13; заявл. 24.12.13; опубл. 27.06.14, Бюл. № 18. – 3 с.
8. Пат. № 151995 Российская Федерация, МПК А 01 F 12/44. Решетный стан / Сундеев А.А., Оробинский В.И., Корнев А.С., Пахомов А.Ю.; заявитель и патентообладатель Воронежский государственный аграрный университет. – № 2014147545/13; заявл. 25.11.2014; опубл. 27.04.15, Бюл. № 10. – 6 с.
9. Попов Н.А. Практикум по безопасности жизнедеятельности / Н.А. Попов, Е.А. Высоцкая, В.И. Писарев. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2015. – 211 с.
10. Свиридов Л.Т. Теоретические исследования движения рабочего органа плоскорешетного сепаратора с новой конструкцией подвесок решетного стана / Л.Т. Свиридов, Г.Н. Вахнина // Депонированная рукопись № 372-И2010, 17.06.2010.
11. Чернышов А.В. Исследование работы решетного стана зерноочистительной машины / А.В. Чернышов, А.М. Гиевский // Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства : матер. междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета им. императора Петра I (Россия, Воронеж, 25 декабря 2015 г.). – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2015. – Ч. I. – С. 231-235.
12. Чернышов А.В. Совершенствование процесса фракционирования зернового вороха на решетном стане зерноочистительных машин : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / А.В. Чернышов. – Воронеж, 2011. – 144 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Корнев Андрей Сергеевич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности, механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(950) 754-08-25, E-mail: kornev.andr@mail.ru.

Владимир Иванович Оробинский – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой сельскохозяйственных машин, декан агроинженерного факультета, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 224-39-39, E-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 10.10.2016

Дата принятия к печати 27.11.2016

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Andrey S. Kornev – Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer, the Dept. of Health & Safety and Mechanization of Animal Husbandry and Agricultural Products Processing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-71-36, E-mail: kornev.andr@mail.ru.

Vladimir I. Orobinsky – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Dept. of Agricultural Machinery, Dean of the Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 224-39-39, E-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Date of receipt 10.10.2016

Date of admittance 27.11.2016