

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУИ РАСПЫЛЕННОГО РАПСОВОГО МАСЛА ДИЗЕЛЬНОЙ ФОРСУНКОЙ

Мысник М.И. – соискатель, Свистула А.Е. – д.т.н., профессор,

Яковлев С.В. – к.т.н., ст. преподаватель

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В связи с ужесточающимися экологическими требованиями в условиях сложившегося экономического кризиса и непредсказуемости цен на энергоресурсы под влиянием политических процессов все более актуальным становится поиск альтернативы нефтяному топливу. Одним из решений этой проблемы является использование топлив растительного происхождения, к которым можно отнести растительные масла, а именно рапсовое масло (РМ) [1]. Непосредственному использованию РМ в дизеле мешает высокая вязкость, препятствующая обеспечению требуемой дисперсности распыленной струи, испаряемости топлива в процессе смесеобразования и др. Одним из путей улучшения показателей экономичности и токсичности дизелей является снижение неоднородности топливоздушная смеси (ТВС) в камере сгорания (КС). В известной мере это может быть реализовано за счет применения топливной аппаратуры (ТА) повышенного давления типа *CommonRail* (CR) и ступенчатого или дробного впрыска. Применение дробного (многоступенчатого) впрыска позволяет сократить задержку воспламенения, а также, в той или иной мере, разрушить переобогащенные топливом фронтальную и центральную часть распыленной струи РМ.

Представленная работа посвящена исследованию структуры и динамики развития струи распыленного рапсового масла в атмосферных условиях [2, 3] с использованием топливной аппаратуры *CommonRail*, позволяющей осуществить подачу пилотной порции топлива и дробный впрыск.

Методика исследования. С использованием метода пороговой сегментации [4] (разделения изображения на передний план и фон) изображение струи разбивается по яркости на шесть зон. Яркостные зоны характеризуют интенсивность проходящего излучения, которое определяется оптической плотностью или концентрацией капель в зонах топливной струи. В первой зоне с высокой концентрацией капель топлива в результате уменьшения светового потока будет получена меньшая яркость, и, наоборот, в шестой зоне с малой концентрацией капель топлива - наибольшая яркость. Остальные зоны являются промежуточными. По частоте съёмки и координатам фронта струи определяется её скорость. Схема стенда приведена на рисунке 1. Датчик углового положения (1) подает импульс на блок управления (4), открывая электрический клапан форсунки высокого давления (6). В этот момент топливо из рампы (5) поступает в распылитель, и в процессе впрыска топливная струя (8) движется вдоль поверхности экрана (7), с внутренней стороны которого расположен источник света (3).

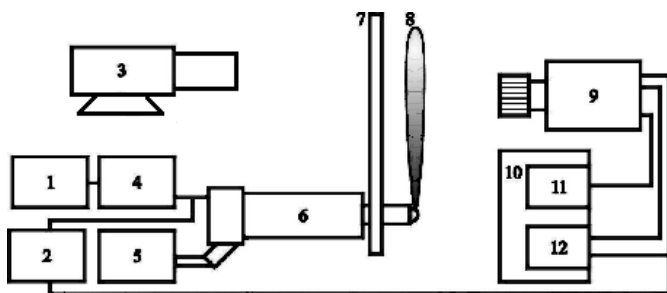


Рисунок 1 - Схема стенда скоростной видеосъемки для определения динамики, скорости и длины струи распыленного топлива

Импульс от блока управления (4) одновременно поступает на блок синхронизации (2) цифровой высокоскоростной видеокамеры «Видео Спринт/G6» (9) с платой контроллера (11). Видеосигнал обрабатывается платой аналого-цифрового преобразования (АЦП) LA 1,5 PCI (12) и передается в компьютер (10).

Для испытания выбрана ТА повышенного давления впрыска CR, обеспечивающая давление до 180 МПа и возможность осуществления моно- (впрыск единичной порцией топлива) и дробного впрыска (впрыск нескольких порций топлива, следующих друг за другом). Цикловая подача и скоростной режим соответствовали

номинальному режиму работы двигателя ($n=1750 \text{ мин}^{-1}$ при $P_i=1,3 \text{ МПа}$). Исследования проведены для давлений 80, 120 и 160 МПа при моно- и дробном впрыске ($q_u=115 \text{ мг/ц}$) [5].

Исследование структуры и динамики распыленной струи РМ. На рисунке 2 приведены графики изменения площади шести яркостных зон с течением времени, которые нормированы к площади всей струи, в диапазоне яркости от 0 до 180 градаций аналого-цифрового преобразования (АЦП). Увеличение давления в рампе от 80 до 160 МПа при единичном или моновпрыске приводит к росту примерно на 50% суммарной площади четвертой и пятой яркостных зон струи с менее плотной структурой, не переобогащенных топливом, с более мелкой дисперсностью капель. При дробном впрыске отчетливо видно два пика образования светлых зон 4-6, не переобогащенных топливом, соответствующих распыливанию первичной и основной порции. Образование яркостных зон распыливания основной порции смещается в позднюю сторону, но при этом примерно вдвое увеличивается площадь светлых зон 4, 5 по сравнению с моновпрыском топлива, а темные зоны 1-3 с переуплотненной структурой практически не проявляются, из чего следует заключение об улучшении качества струйного смесеобразования при росте давления и дробном впрыске.

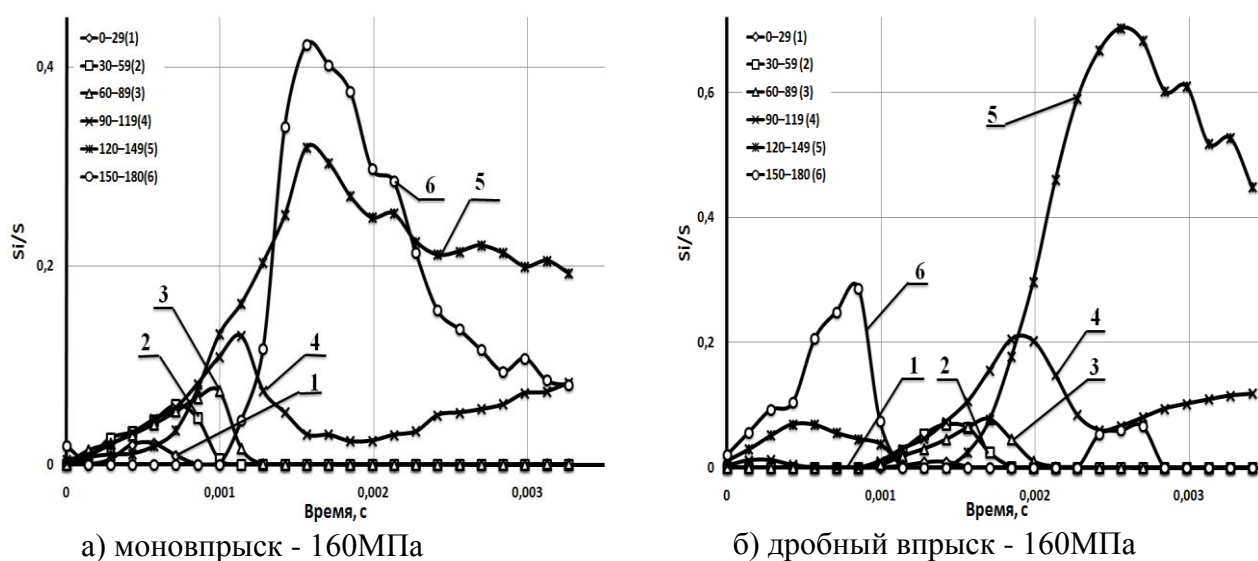
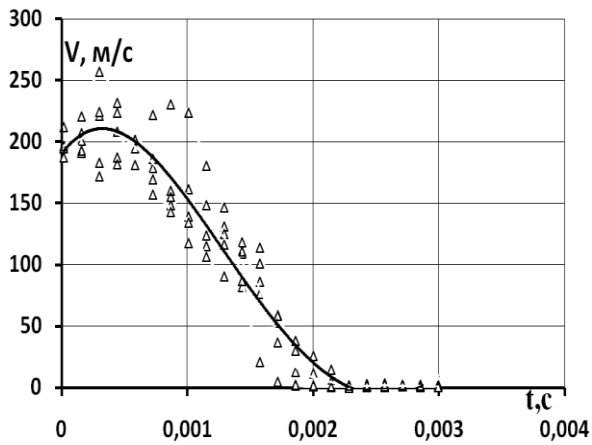


Рисунок 2 - Исследование структуры и динамики распыленной струи РМ

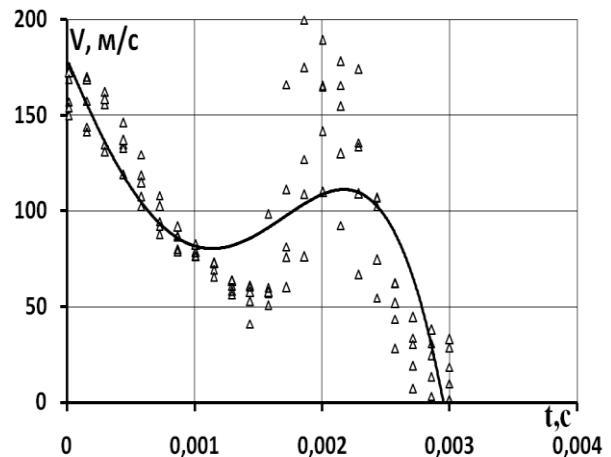
С ростом массы предварительно впрыснутого топлива от 5 до 10 % равномерность оптической плотности струи снижается, и растет дальнобойность, что создает возможность попадания большей доли топлива на стенки камеры сгорания и нарушает заданное соотношение объемности и пленочности.

Исследование скорости фронта струи распыленного РМ (рисунки 3). С ростом давления впрыска РМ при моновпрыске наблюдается увеличение начальной и максимальной величины скорости фронта струи примерно на 70 и 30 % соответственно при сокращении времени ее распространения и более резком снижении скорости на заключительном этапе.

Повышенное давление ведет к более быстрому торможению скорости фронта струи впрыснутого топлива за счет улучшенной мелкости распыливания и уменьшения переуплотнения топливом центральной и фронтальной части струи. При использовании дробного впрыска происходит незначительный рост начальной скорости фронта струи распыленного топлива и уменьшение ее максимальной величины примерно на 50-60%. Виден пик скорости фронта основной порции, величина его меньше, чем при моновпрыске. Заметно резкое снижение скорости фронта на заключительном этапе по причине дополнительного уменьшения переуплотненных топливом зон струи. С ростом давления также увеличивается начальная скорость фронта топлива, а на заключительном этапе падение скорости фронта становится более резким.



а) монопрыск 160МПа



б) дробный впрыск 160МПа

Рисунок 3 - Исследование скорости фронта струи распыленного РМ

Дробный впрыск позволяет снизить вероятность образования зон, переобедненных и переобогащенных топливом, улучшить дробление впрыснутого топлива, а значит, качество смесеобразования и снизить скорость фронта основной порции, что приводит к уменьшению дальности и вероятности попадания топлива на стенки КС, а значит к увеличению доли объемного смесеобразования [6].

Проведенные исследования позволяют уточнить расчетные модели динамики развития и структуры струи распыленного рапсового масла по сравнению с дизельным топливом, в т.ч. при использовании пилотного и дробного впрыска, для последующего моделирования и численного исследования рабочего процесса дизеля с использованием в качестве топлива рапсового масла, а также для разработки практических рекомендаций по улучшению смесеобразования, рабочего процесса и снижению вредных выбросов [6].

Список литературы:

1. Мысник, М. И. Перспективы использования и анализ теплофизических свойств перспективных топлив для тепловых двигателей [Текст] / М. И. Мысник, А. Е. Свистула // Вестник Алтайской науки. – 2009. – № 2. – С. 145–153.
2. Свистула, А. Е. Экспериментальное исследование характеристик топливных струй дизельных форсунок [Текст] / А. Е. Свистула, Д. Д. Матиевский, П. Ю. Гуляев, А. В. Еськов // Двигателестроение. – 1999. - №1. - С. 29-31.
3. Свистула, А. Е. Оптическое исследование скорости массопереноса потока распыленного топлива [Текст] / А. Е. Свистула, Д. Д. Матиевский, А. В. Еськов, Е. С. Силаев // Вестник МГТУ им.Н.Э.Баумана, серия «Машиностроение». – 2006. -№1. – С.99-109.
4. Ульрих, С.А. Методы исследования и моделирование динамики топливно-воздушной струи и задержки воспламенения топлива в дизеле[Текст] / С.А. Ульрих, А.П. Сеначин, П.К. Сеначин, В.В. Чертищев; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2013. - 112 с.
5. Свистула, А. Е. Результаты исследования структуры и динамики развития струи распыленного рапсового масла дизельной форсункой [Текст] / А.Е. Свистула, М.И. Мысник, А.В. Еськов, С.В. Яковлев // 7-е Луканинские чтения. Решение энергоэкологических проблем в автотранспортном комплексе: тезисы докл. междунар. научн.-практ. конф. / МАДИ – М: МАДИ, 2015. – С.52-54.
6. Свистула, А. Е. Анализ работы дизеля на рапсовом масле с использованием топливной аппаратуры CommonRail [Текст] / А. Е. Свистула, М. И. Мысник // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2012. – Т. 12, № 4. – С. 14–18.

СИСТЕМА ОЧИСТКИ ВОЗДУХА С УДАЛЕНИЕМ ПЫЛИ И КОЭФФИЦИЕНТОМ ПРОПУСКА $\epsilon = 0,2\%$

Гаспарян Т.С.– студент, Балашов А.А.– д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Эффективность использования транспортных средств и сельскохозяйственных машин в значительной степени определяется характеристиками установленных на них ДВС. В последние годы все большее распространение на транспорте получают дизели. Такими двигателями оснащается большинство грузовых автомобилей, автобусов и сельскохозяйственная техника.

Дизели, работающие с повышенной степенью сжатия и коэффициентом избытка воздуха, в большей степени, чем другие двигатели, отвечают современным тенденциям развития двигателестроения – улучшению экономических и экологических показателей транспортных установок. Но реализация этого принципиального преимущества невозможна без обеспечения оптимальных характеристик и параметров процесса наполнения. Поэтому значение очистки воздуха нельзя переоценить, тем самым, обеспечивая требуемый характер протекания процессов смесеобразования и сгорания на каждом эксплуатационном режиме работы дизеля, а также в значительной степени увеличивая моторесурс. Нелишне добавить, что система очистки воздуха является одним из сложнейших узлов дизелей.

Таким образом, система очистки воздуха, оснащенная соответствующими устройствами управления, является одной из основных систем двигателя. Конструктивные особенности этой системы и ее параметры предопределяют такие важнейшие показатели работы дизеля, как максимальные мощность, топливная экономичность и токсичность отработавших газов двигателя. Поэтому при разработке и совершенствовании систем очистки воздуха возникает проблема выбора их конструкции и расчета основных параметров и характеристик.

В ближайшее десятилетие ведущие автомобилестроительные фирмы освоили новое поколение дизелей, все они оснащены системами очистки воздуха с сопротивлением на впуске до 275 мм.вод. ст. и имеют электронные сигнализаторы. Они позволяют в более значительной степени оптимизировать работу дизелей на всех режимах по частоте вращения и нагрузке, а также добиться увеличения моторесурса до 12000 моточасов [1, стр. 58].

Описание конструкции и условий работы системы очистки воздуха

Одной из основных задач увеличения срока службы дизелей является предотвращение преждевременного абразивного изнашивания цилиндро-поршневой группы и механизма газораспределения.

Источником абразивного изнашивания в основном служит пыль, проникающая в цилиндры дизеля, систему смазки и топливоподачи из атмосферы, продукты износа деталей, твердые частицы нагара и кокса, частицы формовочного песка, оставшегося от литейного производства и др.

До настоящего времени проведено большое количество научных и экспериментальных работ, позволяющих оценивать влияние пыли на износ основных деталей дизеля. Установлено, что по мере улучшения конструкции и технологии изготовления двигателей при одновременном увеличении и агрегатных мощностей абразивное действие пыли становится главной причиной износа. Влияние на износ от абразивных частиц пыли выходит на первый план, следовательно, и системы очистки воздуха от абразивных частиц пыли требуют всё большего и большего внимания.

Процессы воздухоочистки, не смотря на простоту конструкций воздухоочистителей, достаточно сложны. Каждую новую конструкцию воздухоочистителей предварительно испытывают и доводят экспериментальным путём при стендовых безмоторных и моторных испытаниях, а оценка эффективности и надёжности систем очистки воздуха – эксплуатационных испытаниях.

Условия работы воздухоочистителя

В атмосферном воздухе в любое время года и любую погоду присутствуют частицы пыли, сажи и др. т.е. воздух практически не бывает абсолютно чистым, особенно для тракторных и комбайновых двигателей.

Для тракторных и комбайновых дизелей наиболее опасны минеральные частицы. Максимальный размер частиц находящихся в воздухе ориентировочно составляет около 160 мкм, минимальные размеры частиц неограниченны, вплоть до субмолекулярных размеров.

Наиболее вредные частицы с точки зрения дизеля являются частицы кварца, т.к. твёрдость кварца больше твёрдости конструкционных материалов двигателя.

Для тракторов пылеобразование зависит от большого количества факторов и меняется в чрезвычайно широком интервале. К основным факторам можно отнести влажность почвы или грунта, силу и направления ветра, температуру и влажность воздуха, вид выполняемых работ, характер и скорость движения трактора [4, стр. 8].

Влияние различных условий на запыленность воздуха при работе дизелей

Среди различных факторов, определяющих запыленность воздуха вокруг трактора, оказывает характер выполняемых им сельскохозяйственных работ и типа почвы.

Проведенные опыты институтами НАТИ, НАМИ, НИКТИД и «ОАО ПО» АМЗ в различных почвенно-климатических зонах показали, что наибольшая запыленность воздуха при выполнении сельскохозяйственных работ – лессовые почвы Средней Азии и предкавказский карбонатный чернозем. Так при почве в этих зонах запыленность воздуха $\varphi=0,1\div 3 \text{ г/м}^3$.

Запыленность воздуха в зоне воздухоочистителя в значительной степени зависит от влажности почвы. Опытами установлено, что уменьшение влажности на 1% при прочих равных условиях увеличивает запыленность в 1,5 – 2 раза. [2, стр.6]

В значительной степени запыленность воздуха зависит от места и высоты расположения воздухоочистителя в зависимости:

$$\varphi_1 = 1/h^3$$

Поэтому для эксплуатации тракторов, где сухая почва, воздухозаборник стараются поднять выше кабины или устанавливают многоступенчатую систему очистки воздуха.

Установлено, что при увеличении высоты расположения воздухозаборника на 680 мм выше двигателя запыленность снизилась в 6 – 8 раз.

Так, запыленность воздуха при работе трактора на бороновании в Одесской области в сухую погоду, почва - чернозем в зависимости от высоты взятия проб воздуха указана в таблице 1.1.

Таблица – 1.1 Зависимость запыленности воздуха от высоты.

Высота над уровнем земли, м	Запыленность воздуха	
	г/м ³	%
0,5	1,248	100
1,0	0,565	45
1,5	0,378	30
2,0	0,219	18

На запыленность воздуха оказывает большое влияние направление ветра. При встречном ветре запыленность воздуха около движущейся гусеничной машины уменьшается в 3-4 раза по сравнению с запыленностью воздуха при попутном ветре. [3, стр.4]

При неблагоприятных условиях совпадения направления ветра с направлением движения трактора запыленность воздуха может быть очень большой – 2-3 г/м³.

Почва - сложная полидисперсная система, состоящая из твердых частиц различных размеров. Средний размер частиц почв колеблется в широких пределах - от 0,0001 мкм до 1 мм [2, стр.10]

Небольшое процентное содержание частиц размером менее 0,001 мкм содержится в лессовой, черноземной и красноземной почвах, наименьшее - в песчаной и суглинистой.

Одной из главных характеристик пыли, которая в основном влияет на показатели работы воздухоочистителя, является их дисперсность.

Гидравлическое сопротивление

Гидравлическое сопротивление системы очистки воздуха оказывает влияние на параметры рабочего процесса дизеля.

При повышении сопротивления воздухоочистителя Δh снижается коэффициент наполнения цилиндров η_v , а следовательно ухудшаются эффективные и экономические показатели работы двигателя.

Экспериментально НИИ и заводами производителями дизелей определена зависимость значений N_e и g_e от сопротивления на впуске Δh .

Так по экспериментальным данным потери мощности ΔN_e и увеличения удельного расхода топлива Δg_e при расчете с воздухоочистителем на номинальных оборотах для дизелей ЯМЗ-238НБ и Д-442-50 представлены на графике ниже:

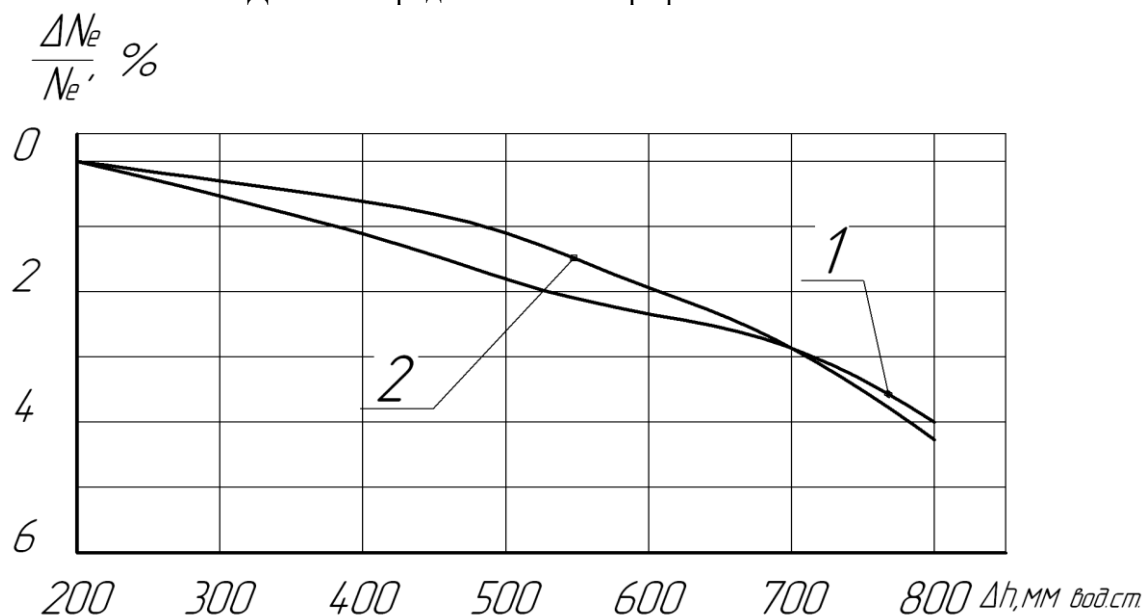


Рисунок 1.1 – График зависимости мощности от сопротивления на впуске

Список литературы:

1. Дьяков Р.А. Воздухоочистка в дизелях /Р.А.Дьяков. - М.: Машиностроение, 1975. – 361с.
- 2.Маев В.Е. Воздухоочистители автотракторных двигателей /В.Е. Маев, Н.Н Пономарев. – М.: Машиностроение, 1971. – 245с.
3. Исследование запылённости воздуха при выполнении сельскохозяйственных работ трактором ДТ – 75В: отчёт ОАО ПО «АМЗ» 17/91.
4. Стендовые безмоторные испытания воздухоочистителя с БФЭ и инерционно – масляного: отчёт ОАО ПО «АМЗ» 106/88.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОСТОЯННОЙ МОЩНОСТИ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

Морозов Д.А. - магистрант, Матиевский Г.Д. - к.т.н., ст. преподаватель,

Свистула А.Е. - д.т.н., профессор, Брякотин М.Э. - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Работа двигателя на режимах постоянной мощности применяется в двигателях постоянной мощности (ДПМ), в двигателях с двумя уровнями мощности на номинальной частоте и в двигателях в составе гибридных энергетических установок. Основной целью обеспечения работы двигателя по характеристике постоянной мощности (ХПМ) является снижение эксплуатационного расхода топлива.

Разработка методики определения оптимизационной зависимости $n_{onm} = f(Ne_{const})$ и потенциального эффекта в снижении расхода топлива основана на учете значения мощности Ne_{const} и принятого условия построения внешней скоростной характеристики (ВСХ) [1]. Если условие – получение Ne_{max} для каждой частоты n , то в диапазоне $Ne_{const} \geq (0,7 \div 1,0) Ne_{ном}$ – это нагрузочная характеристика с $n = n_n = const$, для мощностей менее $0,7 Ne_{ном}$ – это настроенная переменная частота n_{onm} . Если условие – максимальная экономичность, то оптимизационная характеристика есть ВСХ. Если комбинация условий (сначала по экономичности, затем по мощности), то при $Ne_{const} \geq (1,0 \div 0,70) Ne_{ном}$ – это ВСХ, а при меньшей мощности – настройка оптимальной частоты. Настройка сводится к расчету частоты, для которой загрузка двигателя по заданному значению Ne_{const} будет составлять $K_3 = 70 \div 80$ % от развиваемой мощности на ВСХ.

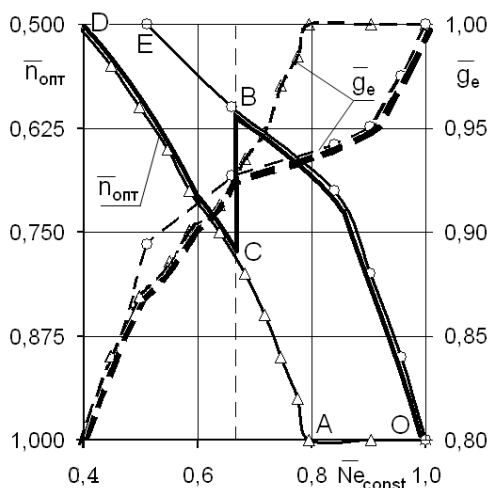


Рисунок 1 – Относительные оптимизационная частота \bar{n}_{onm} и эффект снижения расхода топлива \bar{g}_e в зависимости от мощности \bar{Ne}_{const} для вариантов оптимизации: - 1 (ОБСД); -Δ- 2 (ОАД); -○- ВСХ (ОЕ)

прогнозируемое получение наибольшей экономии топлива при работе по предлагаемой оптимизационной зависимости $n_{onm} = f(Ne_{const})$.

Выбор варианта оптимизационной зависимости осуществлен проведением экспериментальных исследований на дизеле 6ЧН13/14 [2]. Результаты исследований на рисунке 1 подтверждают предпочтительность (в случае наименьшего расхода топлива) оптимизации частоты по линии ОБСД (вариант 1) как комбинации ВСХ (линия ОБ) при $Ne_{const} = (1,0 \div 0,65) Ne_{ном}$ и ветви СД настройки n_{onm} при $Ne_{const} < 0,65 Ne_{ном}$ в полном соответствии с условиями построения характеристики этого дизеля: на высоких частотах – обеспечение экономичности, на пониженных – достижение мощности. В этом варианте оптимизации частоты снижение g_e по отношению к расходу на нагрузочной характеристике (НХ) при $n = n_n$ происходит во всем диапазоне уменьшения мощности и достигает 20 % при $Ne_{const} = 0,4 Ne_{ном}$. Вариант 2 эффективен для мощностей менее $0,65 Ne_{ном}$, а вариант ВСХ – для мощностей более $0,65 Ne_{ном}$.

Итак, разработанная методика построения ХПМ позволила предложить алгоритм зависимости $n_{onm} = f(Ne_{const})$, экспериментальными исследованиями дизеля Д-461 (6ЧН13/14) подтверждено

Список литературы:

1. Матиевский Г.Д. Оптимизация скоростного режима дизеля по характеристике постоянной мощности / А.Е. Свистула, Г.Д. Матиевский, М.Э. Брякотин // Известия МААО. – СПб. - Вып. №16. – Т. 4. - 2013. - С. 225–230.
2. Матиевский Г.Д. Построение характеристики постоянной мощности дизеля / А.Е. Свистула, Г.Д. Матиевский, М.Э. Брякотин // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2013. - № 12 (115). – Вып. 5. – С. 51-54.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНДИКАТОРНОЙ ДИАГРАММЫ ДВИГАТЕЛЯ

Брютов А.А. – студент гр. ДВС-01, Сеначин П.К. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Индикаторная диаграмма является важным показателем, характеризующим действительный рабочий цикл двигателя внутреннего сгорания. Рассмотрим влияние на неё различных факторов на примере газового двигателя 6Ч 15/18 (1Г6) производства ОАО ХК «Барнаултрансмаш» (топливо – 100% СН₄, $\varepsilon = 11$, $\alpha = 1,05$, $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$, $\varphi_1 = -20^\circ \text{ПКВ}$, $p_0 = 101325 \text{ Па}$, $T_0 = 298 \text{ К}$, $p_a = 95000 \text{ Па}$, $T_a = 310 \text{ К}$).

1. Влияние коэффициента избытка воздуха на индикаторную диаграмму двигателя

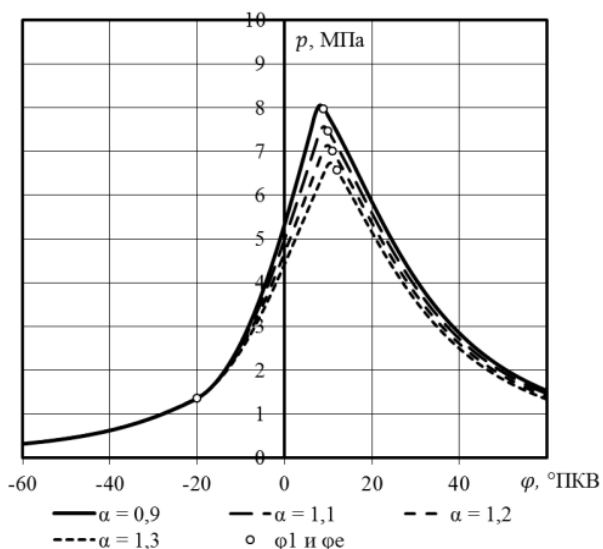


Рисунок 1 – Индикаторная диаграмма для разных коэффициентов избытка воздуха α

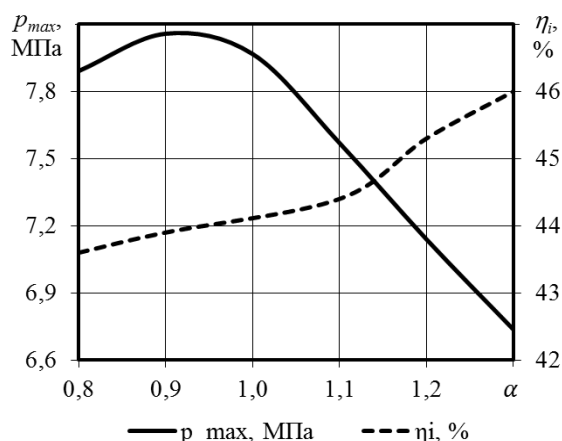


Рисунок 2 – Зависимость максимального давления цикла p_{max} и индикаторного КПД η_i от коэффициента избытка воздуха α

На Рисунке 1 приведена зависимость давления в цилиндре от угла поворота коленчатого вала для разных коэффициентов избытка воздуха α . Увеличение α относительно экстремума функции $p_{max} = f(\alpha)$ (смесь с $\alpha = 0,9$, близкая к стехиометрической), приводит к снижению максимального давления цикла p_{max} на $\delta p_{max} = 16,4\%$ для $\alpha = 0,9 \dots 1,3$ (Рисунок 2), поскольку при этом приходится нагревать лишний воздух. А вот снижение коэффициента избытка воздуха относительно $\alpha = 0,9$ слабо влияет на максимальное давление цикла p_{max} , причём при $\alpha = 0,8$ величина p_{max} немного меньше ($\delta p_{max} = 2,06\%$ для $\alpha = 0,9 \dots 0,8$). Кажется бы, что это противоречит экспериментальным данным. Действительно, при работе двигателя на бензиновых топливах на форсированных режимах иногда снижают α с целью увеличения p_{max} . Это объясняется недостаточно высокой полнотой сгорания топлива из-за несовершенства циклового процесса. Для $\alpha = 0,9$ возрастает вероятность реакции сгорания и

величина p_{max} из-за увеличения молекулярного соотношения β топливо/кислород относительно стехиометрии $\alpha = 1$ (для бензина $\beta = 0,08$). Для метана молекулярное соотношение $\beta = 0,5$ и эффект проявляется более слабо.

Индикаторный КПД η_i растёт с увеличением коэффициента избытка воздуха α .

2. Влияние угла опережения зажигания на индикаторную диаграмму двигателя

Анализируя индикаторные диаграммы (Рисунок 3) для разных значений углов опережения зажигания φ_1 , можно заметить, что увеличение φ_1 способствует снижению максимального давления в цилиндре двигателя на $\delta p_{max} = 34,1\%$ для $\varphi_1 = -40 \dots -10$ °ПКВ (Рисунок 4). Максимум индикаторного КПД η_i наблюдается около $\varphi_1 = -20$ °ПКВ.

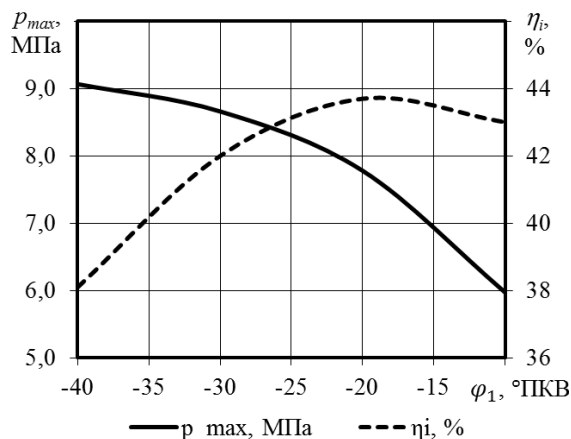
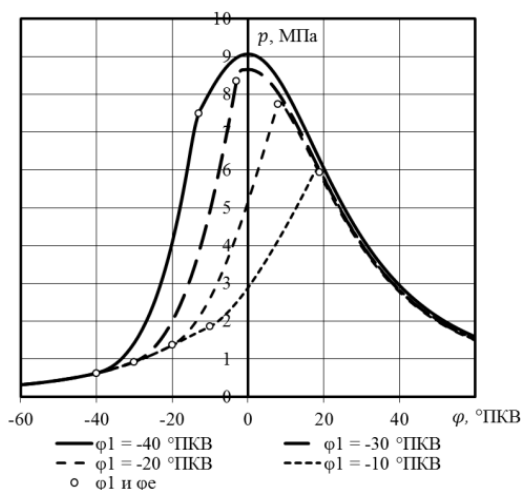


Рисунок 3 – Индикаторная диаграмма для разных углов опережения зажигания φ_1

Рисунок 4 – Зависимость максимального давления цикла p_{max} и индикаторного КПД η_i от угла опережения зажигания φ_1

3. Влияние степени сжатия на индикаторную диаграмму двигателя

С ростом степени сжатия ϵ (Рисунок 5) происходит увеличение максимального давления цикла на $\delta p_{max} = 66,3\%$ для $\epsilon = 8 \dots 14$ и индикаторного КПД двигателя η_i (Рисунок 6).

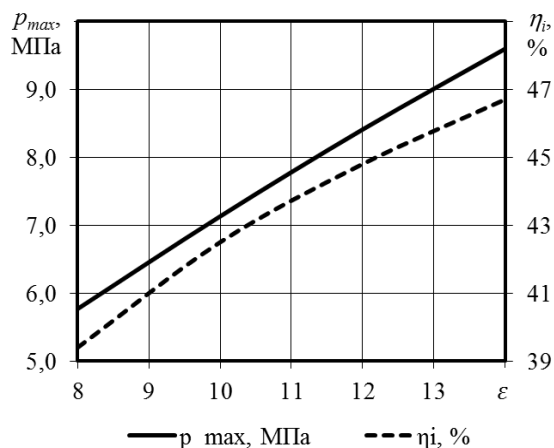
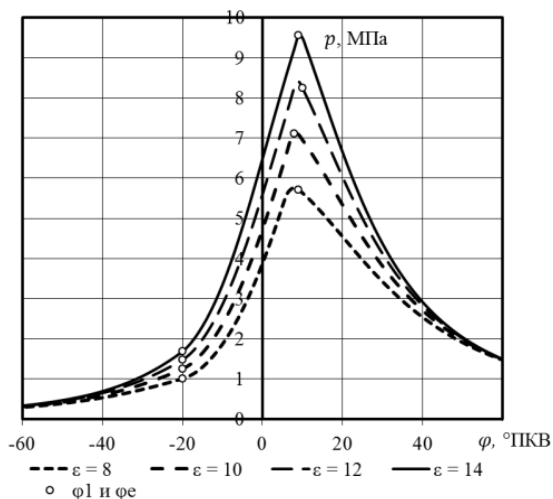


Рисунок 5 – Индикаторная диаграмма для разных степеней сжатия ϵ

Рисунок 6 – Зависимость максимального давления цикла p_{max} и индикаторного КПД η_i от степени сжатия ϵ

4. Влияние параметров на впуске на индикаторную диаграмму двигателя

Из Рисунков 7 и 9 видно, как изменяется индикаторная диаграмма двигателя в зависимости от параметров на впуске. С ростом давления в момент закрытия впускного клапана p_a максимальное давление цикла p_{max} увеличивается на $\delta p_{max} = 305\%$ для $p_a = 0,05 \dots 0,20$ МПа (Рисунок 8). С ростом температуры T_a – наоборот, p_{max} уменьшается на $\delta p_{max} = 19,6\%$ для $T_a = 273 \dots 333$ К (Рисунок 10). Такая же тенденция сохраняется и для индикаторного КПД двигателя η_i . Это объясняется изменением плотности газа.

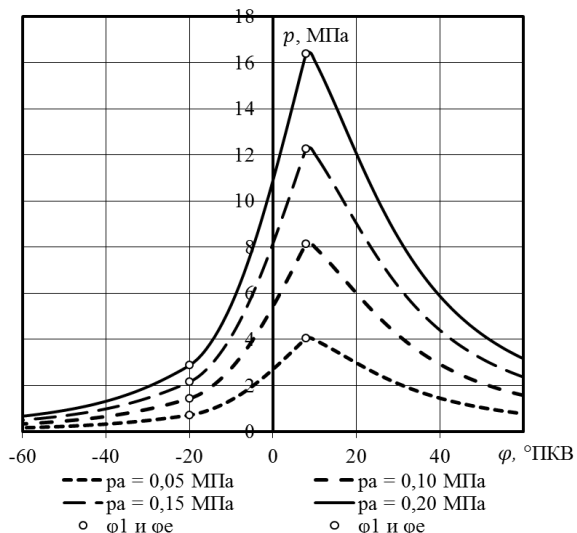


Рисунок 7 – Индикаторная диаграмма для разных давлений на впуске p_a

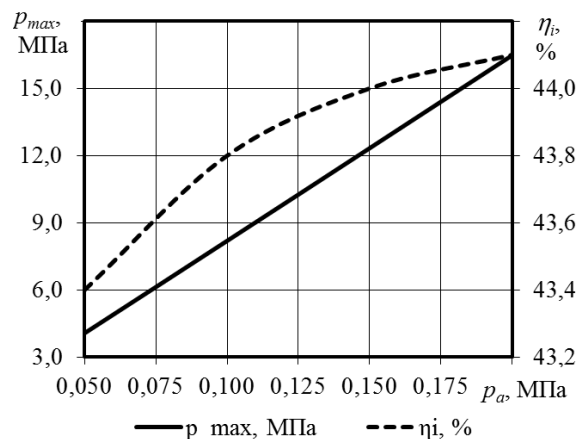


Рисунок 8 – Зависимость максимального давления цикла p_{max} и индикаторного КПД η_i от давления на впуске p_a

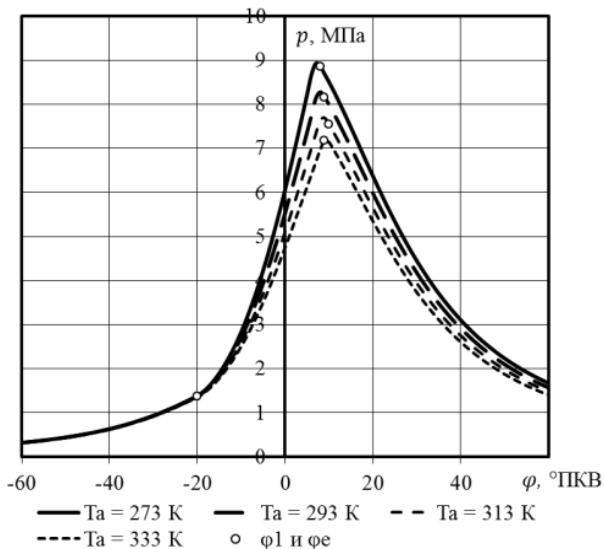


Рисунок 9 – Индикаторная диаграмма для разных температур на впуске T_a

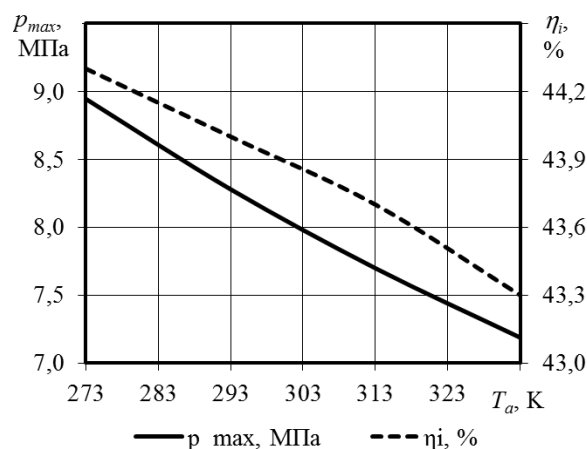


Рисунок 10 – Зависимость максимального давления цикла p_{max} и индикаторного КПД η_i от температуры на впуске T_a

Список литературы:

1. Брютов, А.А. Расчёт термодинамических процессов в цилиндре поршневых двигателей в рамках многозонного приближения / А.А. Брютов, П.К. Сеначин // Автоматизированное проектирование в машиностроении: Материалы II международной заочной научно-практической конференции / НОЦ «МС». – Новокузнецк: Изд. Центр СибГИУ, 2014. – №2. – С. 110-111.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЯ С ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРОЙ COMMON RAIL ОПТИМИЗАЦИЕЙ ТОПЛИВНОЙ СТРУИ

Якименко П.А. – магистрант, Ульрих С.А. - к.т.н., доцент, Сеначин П.К. - д.т.н., профессор Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Для обеспечения эффективной организации рабочего процесса дизеля необходимо обеспечить согласование параметров топливно-воздушного факела с характеристиками камеры сгорания. Для дизелей, работающих с топливной аппаратурой высокого давления типа CommonRail, имеющиеся в настоящее время эмпирические формулы, описывающие динамику топливной струи, дают недостаточную точность или практически непригодны [1].

Для более точного расчёта динамики топливно-воздушного факела (топливной струи) дизеля создана упрощённая математическая модель, которая предполагает его описание до момента отрыва от сопла форсунки и после отрыва. Геометрически факел (топливная струя) представляется в виде усеченного конуса с неизменным углом раствора 2β . Вершина конуса располагается внутри соплового канала на глубине $h_0 = d_0 / (2tg\beta)$, а начало координат – на оси факела на срезе сопла (Рисунок 1).

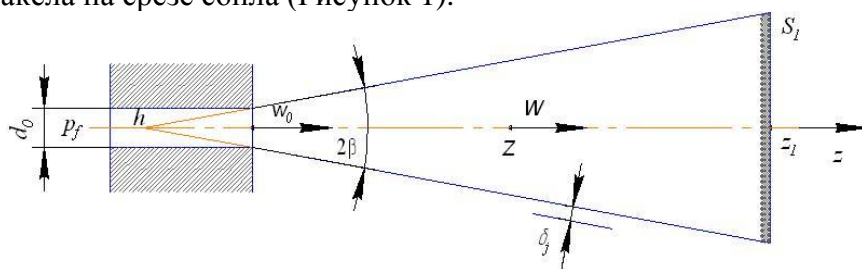


Рисунок 1 – Геометрическая модель топливной струи дизеля

Топливо-воздушный факел (топливная струя) дизеля представляется *изотермическим телом переменной массы*- материальной точкой с текущей координатой Z (находящейся на оси факела), движущейся с переменной скоростью W в результате импульса, получаемого с впрыснутым форсункой топливом.

Система уравнений динамики факела до момента отрыва от сопла ($t \leq \tau$).

Известно, что масса топлива распределяется по длине факела неравномерно, причем плотность распределения на фронте факела максимальна. Примем следующую функцию распределения топлива:

$$\left(\frac{dm_f}{dz} \right)_{t \leq \tau} = \rho_f S_0 \left[1 + 2 \left(\frac{w_0 t}{z_1} - 1 \right) \frac{z}{z_1} \right],$$

$$m_f = \int_0^{z_1} \left(\frac{dm_f}{dz} \right)_{t \leq \tau} dz = \rho_f S_0 w_0 t.$$

Координата центра масс факела Z определяется уравнением $Zm_\Phi = m_f Z_f + K_{air} m_{air} Z_{air}$, или

$$\frac{Z}{z_1} = \frac{\frac{1}{2} + \frac{2z_1}{3h_0} + \frac{z_1^2}{4h_0^2} + \frac{1}{2} R_f \left[1 + \frac{4}{3} \left(\frac{w_0 t}{z_1} - 1 \right) \right]}{1 + \frac{z_1}{h_0} + \frac{z_1^2}{3h_0^2} + R_f \frac{w_0 t}{z_1}}. \quad (1)$$

Система также включает уравнения:

– координаты и скорости центра масс (2), (3)

$$\frac{dZ}{dt} = W,$$

$$\frac{d \ln W}{dt} = \frac{\rho_f S_0 w_0}{R_f m_\phi} \left[1 + R_f \left(\frac{w_0}{W} - 1 \right) - \frac{w_1}{w_0} \left(1 + \frac{z_1}{h_0} \right)^2 \right] - \frac{\sqrt{4\pi S_0} K_v W}{V_\phi} \left(z_1 + \frac{z_1^2}{2h_0} \right)$$

– координаты и скорости фронта факела (4), (5)

$$\frac{dz_1}{dt} = w_1,$$

$$w_1 = f_{t \leq \tau}(Z, W, z_1, t),$$

– текущего объема и массы факела (6), (7)

$$\frac{V_\phi}{S_0} = \frac{h_0}{3} \left[\left(1 + \frac{z_1}{h_0} \right)^3 - 1 \right] = z_1 \left(1 + \frac{z_1}{h_0} + \frac{z_1^2}{3h_0^2} \right),$$

$$m_\phi = \frac{\rho_f S_0}{R_f} \left(R_f w_0 t + \frac{V_\phi}{S_0} \right).$$

Здесь обозначено: $m_\phi = m_f + K_{\text{air}} m_{\text{air}}$ – масса факела; m_f – масса топлива (жидкого); m_{air} – масса вовлеченного воздуха; Z_f , Z_{air} – координаты центра масс топлива и присоединенного воздуха; K_v – коэффициент потери импульса на внешней поверхности конуса; K_{air} – коэффициент массы присоединенного воздуха; $S_0 = \pi d_0^2 / 4$ – площадь сечения сопла; $R_f = \rho_f / (K_{\text{air}} \rho_{\text{air}})$ – эффективное отношение плотностей.

В системе (1)-(7) конкретный вид уравнения (5) определяется дифференцированием (1) по времени; иначе координата фронта z_1 находится решением уравнения (1), например, методом дихотомии, а затем по (4) определяется скорость фронта $w_1 = dz_1/dt \cong \Delta z_1/\Delta t$.

Система уравнений после момента отрыва от сопла ($t > \tau$).

Примем на этом этапе следующую функцию распределения топлива по длине факела:

$$\left(\frac{dm_f}{dz} \right)_{t > \tau} = \rho_f S_0 \left[1 + 2 \left(\frac{w_0 \tau}{z_1 - z_2} - 1 \right) \frac{z - z_2}{z_1 - z_2} \right],$$

$$m_f = \int_{z_2}^{z_1} \left(\frac{dm_f}{dz} \right)_{t > \tau} dz = \rho_f S_0 w_0 \tau.$$

Координата центра масс факела Z определяется уравнением

$$Z = \frac{\left[z_1^2 \left(\frac{1}{2} + \frac{2z_1}{3h_0} + \frac{z_1^2}{4h_0^2} \right) - z_2^2 \left(\frac{1}{2} + \frac{2z_2}{3h_0} + \frac{z_2^2}{4h_0^2} \right) + R_f \left[1 + \frac{2}{3} \left(1 + \frac{z_1}{z_1 + z_2} \right) \left(\frac{w_0 \tau}{z_1 - z_2} - 1 \right) \right] \right]}{z_1 \left(1 + \frac{z_1}{h_0} + \frac{z_1^2}{3h_0^2} \right) - z_2 \left(1 + \frac{z_2}{h_0} + \frac{z_2^2}{3h_0^2} \right) + R_f w_0 \tau}. \quad (8)$$

Система также включает уравнения:

– координаты и скорости центра масс (9), (10)

$$\frac{dZ}{dt} = W,$$

$$\frac{d \ln W}{dt} = \frac{\rho_f S_0}{R_f m_\phi} \left[\left(1 + \frac{z_2}{h_0} \right)^2 w_2 - \left(1 + \frac{z_1}{h_0} \right)^2 w_1 \right] - \frac{\sqrt{4\pi S_0} K_v W}{V_\phi} \left[z_1 \left(1 + \frac{z_1}{2h_0} \right) - z_2 \left(1 + \frac{z_2}{2h_0} \right) \right],$$

– координаты и скорости фронта факела (11), (12)

$$\frac{dz_1}{dt} = w_1,$$

$$w_1 = f_{t > \tau}(Z, W, z_1, z_2, t),$$

– координаты и скорости задней границы (13), (14)

$$\frac{dz_2}{dt} = w_2,$$

$$w_2 = W,$$

– текущего объема и массы факела (15), (16)

$$\frac{V_\Phi}{S_0} = \frac{h_0}{3} \left[\left(1 + \frac{z_1}{h_0}\right)^3 - \left(1 + \frac{z_2}{h_0}\right)^3 \right] = z_1 \left(1 + \frac{z_1}{h_0} + \frac{z_1^2}{3h_0^2}\right) - z_2 \left(1 + \frac{z_2}{h_0} + \frac{z_2^2}{3h_0^2}\right),$$

$$m_\Phi = \frac{\rho_f S_0}{R_f} \left(R_f w_0 \tau + \frac{V_\Phi}{S_0} \right).$$

В системе (8)-(16) конкретный вид уравнения (12) определяется дифференцированием (8) по времени; иначе координата фронта z_1 находится решением уравнения (8), например, методом дихотомии, а затем по (11) определяется скорость фронта $w_1 = dz_1/dt \cong \Delta z_1/\Delta t$.

Численные расчеты по представленной математической модели проводились с использованием программы «Расчет динамики изотермического дизельного факела (TORCH_izotermal)» [2].

Результаты полученных расчетных данных, по заданным параметрам, представлены в виде графической зависимости динамики переднего фронта топливного факела от времени (Рисунок 2).

Апробация представленной математической модели и соответствующей программы для ЭВМ [2], путем сравнения с результатами экспериментальных исследований [3], показывает удовлетворительную сходимость динамических характеристик топливной струи.

Разработанный теоретический подход к проблеме моделирования начальной стадии рабочего процесса дизеля (смесеобразования) может быть рекомендован для практического применения. Разработанная математическая модель топливно-воздушного факела (топливной струи) дизеля может быть использована для описания рабочего процесса двигателя с топливной аппаратурой типа CommonRail. Компьютерная программа расчета динамики дизельного факела [2] может быть использована для согласования динамических параметров топливной струи и геометрических характеристик камеры сгорания в поршне, при перемещении последнего в соответствии с законом кривошипно-шатунного механизма.

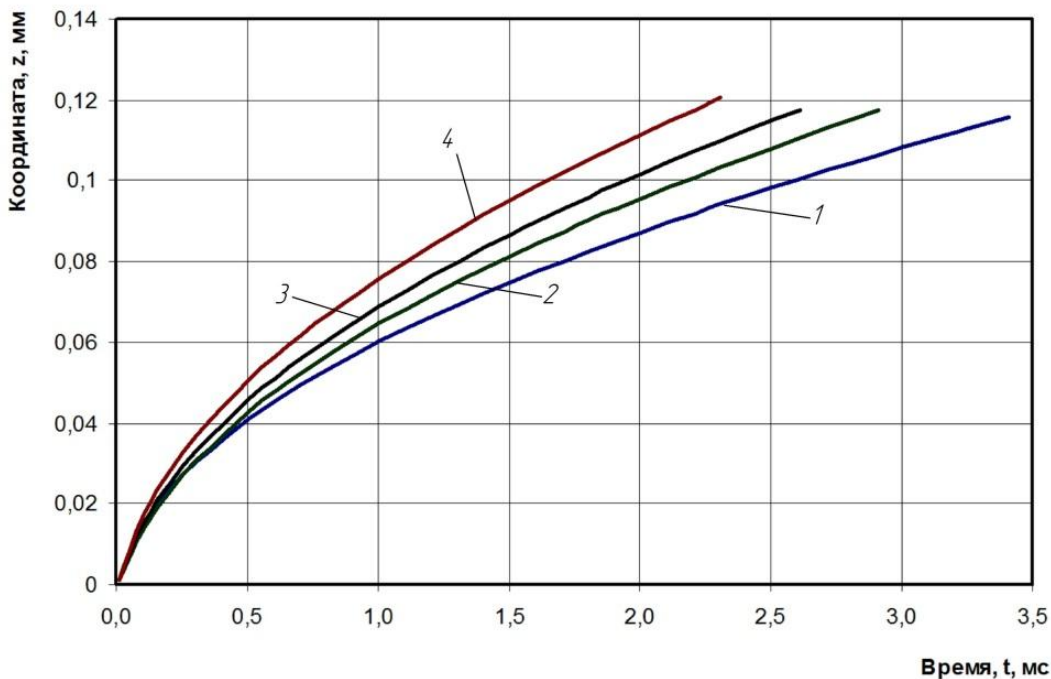


Рисунок 2 - Зависимость динамики переднего фронта топливного факела от времени и впрыска топлива $p_{ВПР}$: 1- 60, 2-80, 3- 100 и 4- 140 МПа

Список литературы:

1. Кавтарадзе, Р.З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы: Учебник для вузов. / Р.З. Кавтарадзе.- М.: Изд-во МВТУ им. Н.Э. Баумана, 2008.- 720 с.
2. Расчет динамики изотермического дизельного факела (TORCH-Izothermal): свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011619013 / П.К. Сеначин, С.А. Ульрих, А.П. Сеначин, В.В. Чертищев; правообладатель ФГБОУ ВПО «Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова». – Заявка № 2011617184; заявл. 27.09.2011 г.; зарегистр. 18.11.2011.
3. Сеначин П.К., Ульрих С.А., Чертищев В.В. Моделирование геометрических и динамических параметров топливной струи при впрыске в камеру сгорания дизеля на основе эксперимента в бомбе / П.К. Сеначин, С.А. Ульрих, В.В. Чертищев // Известия Волгоградского государственного технического университета: межвуз. сб. науч. ст. № 12(115) .- Сер. Процессы преобразования энергии и энергетические установки. Вып. 5. – ВолгГТУ. – Волгоград, 2013. – С. 64-67.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРСУНКИ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Ставров П.В. – студент, Почтер С.В. – инженер, Кондрух В.В. – студент,
Гуркина К.А. – студент, Камышова К.П. – студентка, Молчанов П.Д. – студент,
Камышов Ю.Н. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Актуальность темы. При ожидаемой выработке основных месторождений на территории Российской Федерации нефти и газа, запасы которых в десятки раз меньше запасов угля, структура потребления энергоресурсов будет неотвратимо изменяться в сторону увеличения потребления угольного топлива. Это потребует перевода электростанций и коммунальных котельных, работающих на природном газе и мазуте, на угольное топливо. Внедрение нового вида сжигания водоугольного топлива может служить заменой основных эффективных дорогостоящих экологически чистых природных энергоносителей (природного газа и нефти) на многих ТЭЦ и ГРЭС [1].

На данный момент на территории России имеется большое количество шламов на угольных шахтах, а также большое количество низкосортного угля, в последний годы существенно увеличился уровень потребления электроэнергии связи с увеличением темпа развития промышленности. В настоящее время существует несколько технологий для сжигания водоугольного топлива, однако эти технологии являются либо не эффективными, либо дорогими в плане реализации [2].

На кафедре «Котло-и реакторостроение» разработана форсунка, которая позволит существенно увеличить эффективность сжигания и снизить вредные выбросы в атмосферу, решить проблему с угольным шламом шахт, а также без существенных потерь перевести имеющиеся электростанции и коммунальные котельные на использование водоугольного топлива.

Цель работы - Провести исследования по выявлению рациональной конструкции сопла форсунки для сжигания водоугольного топлива.

Для достижения поставленной цели изготовлена форсунка с рассекателем, установленным под углом к потоку воздуха, расположенным на конце трубки подающей водоугольное топливо, что позволяет получить нужную интенсивность перемешивания. В ходе проведения эксперимента изготовлено 3 вида сопел с различными размерами внутреннего диаметра. Размеры сопел приведены в таблице 1:

Таблица 1 – Размеры сопел и конфигурация распыла

Вариант сопла форсунки	d_1 , мм	d_2 , мм	Направляющий аппарат	Длина факела, м	Угол раскрытия, град
1	24	32	Есть	0,5	80
2	24	24	Есть	1,5	65
3	24	32	Нет	3	30

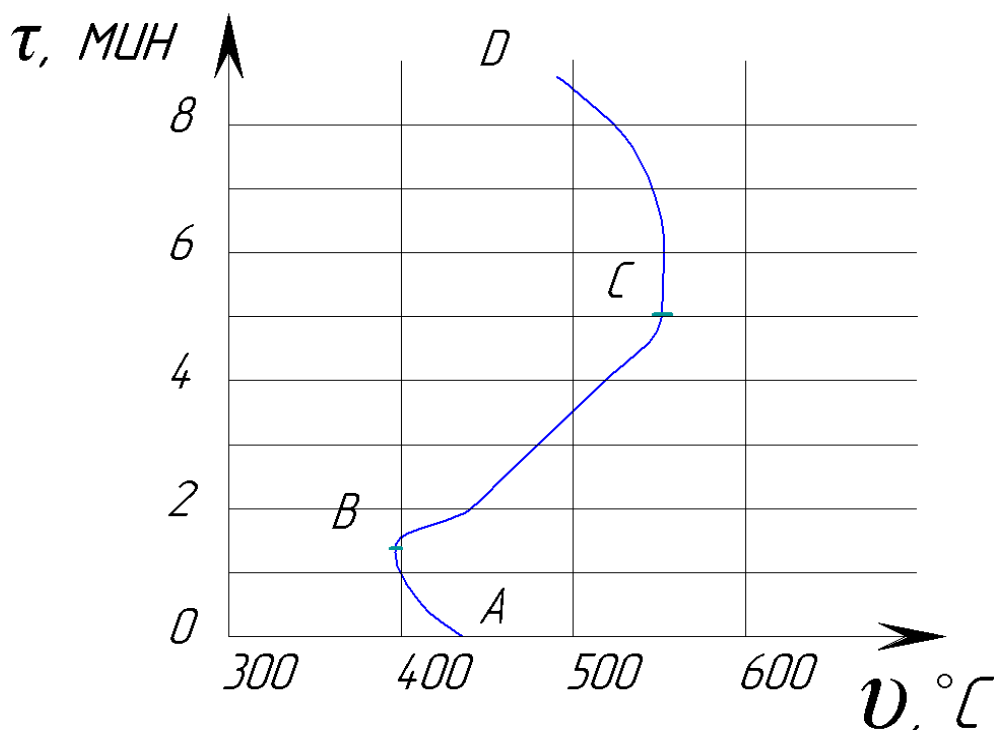
Наиболее предпочтительным, с точки зрения качества распыла, является первый вариант. Так как при установке сопел 2 и 3 в топочную камеру оказалось, что водоугольное топливо, попадая на горячий металл, мгновенно налипает на него и засыхает. При использовании сопла 1 такого эффекта не наблюдалось.

Эксперимент проходил в три этапа.

На первом производилась растопка топочной камеры и ее прогрев до температуры 400 - 550°C при помощи угля.

На втором выжидалось время (30 минут), в течение которого, весь растопочный материал прогорал.

На третьем этапе производилась подача водоугольного топлива в топочную камеру и снятие характеристик. Сжиганию подвергалось водоугольное топливо с влажностью 39%, предварительно разогретое до температуры 70°C. Результаты эксперимента приведены на рисунке 1:



AB – горение твердого топлива, BC – горение водоугольного топлива, CD – выгорание остатка

Рисунок 1 – Термограмма горения водоугольного топлива

Из рисунка 1, видно, что, при подаче водоугольного топлива в топочную камеру, температура начинает расти и в определенный момент времени достигает максимального значения. При этом выхода на стационарный режим не происходит, в связи с прекращением подачи водоугольного топлива. Таким образом, эксперимент показал, что горение водоугольного топлива проходит стабильно только при наличии подсветки и данный метод сжигания может быть использован в дальнейшем для проведения НИР.

Список литературы

1. Водоугольное топливо. Современное топливо для тепло- и электроэнергетики. Резюме использования технологии/ ЗАО «Амальтеа», 2010 – 24с.
2. Почтер С. В. Разработка экспериментальной установки для получения водоугольного топлива»: учебная научно-исследовательская работа – Барнаул: АлтГТУ, 2008. – 38 с.

ТЕХНОЛОГИЯ СЖИГАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ В КОТЛАХ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

Гаврин Н.С. – магистрант, Александренко Р.Г. – магистрант, Маришин Н.С. - магистрант,
Жуков Е.Б. - к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В энергетике стран ближнего зарубежья и ряда регионов Российской Федерации в течение последних нескольких лет, с целью минимизации выбросов парниковых газов, отмечается рост количества переводов коммунальной энергетики с традиционных видов топлива на альтернативное, возобновляемое.

Сегодня на предприятиях деревообрабатывающей и лесозаготовительной промышленности, а также предприятиях, занимающихся переработкой сельскохозяйственной продукции, образуется большое количество отходов, которые уже непригодны для вторичной переработки и сваливаются в отвалы.

Использование таких отходов в качестве энергетического топлива имеет ряд преимуществ: данный ресурс является возобновляемым; минимальные затраты на его доставку от поставщика; исчезает необходимость утилизации отходов в отвалах. Однако в сельскохозяйственных отходах содержится значительное количество различных минеральных примесей.

Применение в энергетике альтернативных видов топлив затруднено недостаточной изученностью свойств этих топлив и процессов их сжигания. Данный вид топлива характеризуется как низкокачественный, поэтому сжигание его в обычных топочных устройствах неэффективно и необходимо применение специальных топочных устройств.

Удержание частиц топлива в топке до их глубокого выгорания должно обеспечиваться за счет аэродинамики топки.

Проведены эксперименты по сжиганию одиночных частиц топлива на установке для определения динамики термического разложения топлива, по которой определялись скорость выхода летучих из частицы, время сушки частицы, время выхода летучих и время горения углерода в растительном топливе (рисунок 2).

Эксперименты проводились с частицами массой 0,5...1,5 г при температурах 600...800°С. Для расчета времени выгорания гречневой лузги и отходов льняного производства предлагается следующая формула:

$$\frac{m}{m_0} = (\alpha T - \beta) \cdot \ln(\tau) - \gamma \cdot T + \varepsilon,$$

где m_0 – начальная масса частицы, г;

m – текущая масса частицы, г;

T – температура, К;

τ – текущее время, с.

Эксперименты для расчета коэффициентов проводились для сельскохозяйственных отходов и для кородревесных отходов.

С помощью данных коэффициентов рассчитывается как полное время выгорания частицы, так и время отдельных стадий горения. Затем полученные расчетные и экспериментальные данные используются при численном моделировании аэродинамики топочных устройств при расчете необходимого времени нахождения горячей частицы в объеме топки до полного выгорания.

На основании полученных расчетных и экспериментальных данных разработан ряд проектов котельных агрегатов с многократной циркуляцией низкосортного топлива в топочной камере: котел КВм-2,5ДВО для сжигания древесных отходов (рис.3), котел КВм-3,0ДВО для сжигания овсяной лузги.

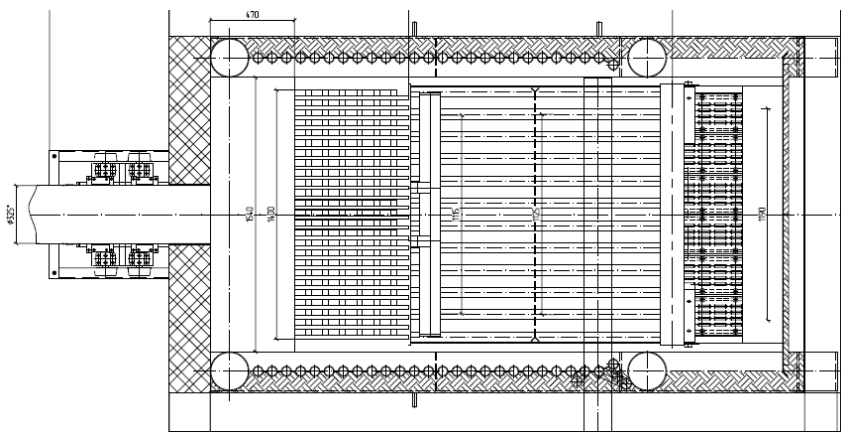


Рисунок 3 – Горизонтальный разрез топочной камеры котла

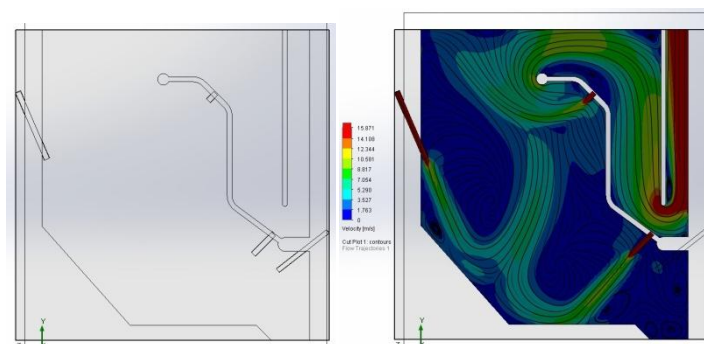


Рисунок 4 – Профиль топочной камеры котла КВм-2,5ДВО для сжигания КДО. Скорость движения частиц в топочном объеме котла

При выполнении проектов использовалось математическое моделирование аэродинамики в топках котлов для определения направления острого дутья (рисунки 4) и эффективности сепарации частиц топлива в вихрепри различной организации дутья и профиля топочной камеры.

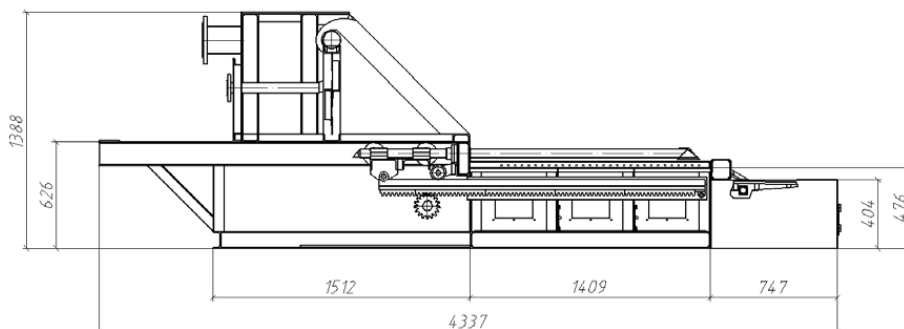


Рисунок 5 – Топка ТФГ-3,0 с блоком наклонных колосников

Схема сжигания - в вихревой топке с удержанием мелких частиц до практически полного выгорания над механизированной топкой с шурующей планкой (рис.5). Используется факельно-слоевое сжигание с дожиганием уноса в потоке острого дутья[1]. За счет глубокого выжигания горючих предлагаемый топочный процесс обеспечивает повышенную экономичность и высокие экологические показатели котла. Объединение слоевого и факельного сжигания обеспечивает взаимное поддержание горения и однородное заполнение всей топки факелом (рис.6, 7).

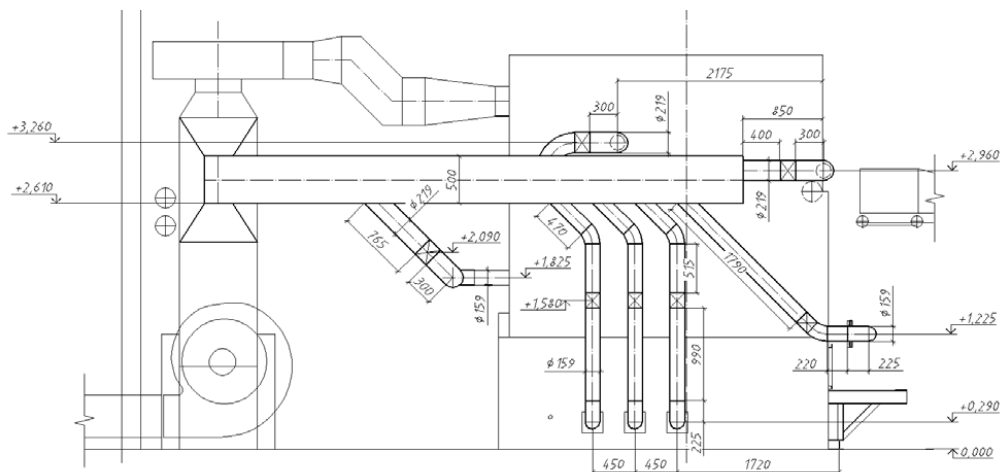


Рисунок 6 – Распределение воздуха в котельном агрегате. Воздуховоды котла

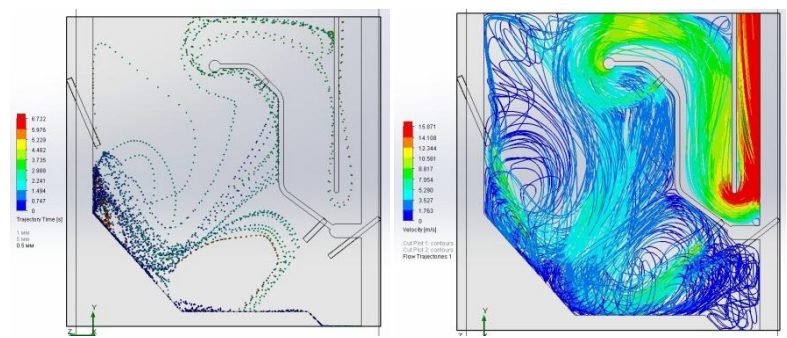


Рисунок 7 – Траектории движение частиц диаметром 0,5 мм в топке котла. Скорость движения частиц в центре топочной камеры

С помощью математического моделирования при проектировании определялось такое положение сопел и распределение дутья, чтобы над слоем топлива сформировался широкий горячий фронт для эффективной сушки и воспламенения топлива (рисунки 7).

ПРОБЛЕМЫ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ДИЗЕЛЕЙ СУДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАТАЛИТИЧЕСКИХ НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ

Горлова Н.Н. - докторант, к.т.н., доцент, Медведев Г.В. - к.т.н., доцент, Мельберт А.А. - д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Главные и вспомогательные дизели, в составе судовых силовых установок, выбрасывают в окружающую среду значительное количество вредных веществ, оказывая тем самым отрицательные воздействия на экологическую обстановку в районах водоемов, портов, ремонтных баз, а также негативно воздействуя на флору и фауну водных бассейнов.

К основным компонентам отработавших газов относятся: азот, диоксид углерода CO₂ (углекислый газ) и пары воды. Все перечисленные компоненты не являются токсичными. К

основным токсичным компонентам относятся: оксиды азота - NO , NO_2 , N_2O_3 , N_2O_5 или суммарно - NO_x ; углеводороды суммарно - C_xH_y ; оксид углерода - CO ; твердые частицы - ТЧ (все вещества, за исключением несвязанной воды, которые при обычных условиях представлены в отработавших газах в твердом или жидком состоянии). Кроме того, в составе газов определено до 1200 компонентов различной степени вредности, присутствующих в незначительных количествах.

Следует отметить, что в состав газов входят оксиды серы SO_2 в количестве $0,1 \dots 0,7 \text{ г/м}^3$, кислород в количестве $2 \dots 18$ объемных процентов и пары воды в количестве $0,5 \dots 4,0$ объемных процентов, а температура достигает 920K . В этих условиях образуются частицы азотной и серной кислот, и среда является агрессивной по отношению к материалам, используемым для очистки. Поэтому, при создании материалов для очистки газовых сред необходимо учитывать их стойкость к агрессивным средам.

Наличие в отработавших газах твердых частиц в виде сажи, органически нерастворимых фракций сульфатов, органически растворимых фракций масел и топлив выдвигает проблему их удаления или дожигания на поверхностях фильтрующих элементов [6].

Таким образом, на долю судового транспорта с двигателями внутреннего сгорания приходится значительное количество выбросов вредных веществ и задача по их снижению является актуальной.

Наиболее целесообразными путями снижения вредных выбросов в результате эксплуатации судовых дизелей являются совершенствование рабочих процессов дизелей и каталитических нейтрализаторов [1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13], а так же использование каталитических нейтрализаторов.

В качестве основных направлений реализации возможных решений являются:

1. Конструктивные - связанные с изменением конструкций и комплектаций дизелей, обеспечивающих осуществление разработанных рабочих процессов, организацией процессов подачи топлива в цилиндры, совершенствование систем наддува и охлаждения надвучного воздуха, устранение вредных объемов, рециркуляцию отработавших газов или межцилиндровый промежуток;

2. Использования новых топлив и антидымных присадок к ним: альтернативных жидких и газообразных топлив с осуществлением подачи их с воздухом на впуске, с топливом через штатные системы топливной аппаратуры, водотопливной эмульсии;

3. Восстановление регулировок позволяет добиваться снижения вредных выбросов с отработавшими газами [6, 10, 14];

4. Восстановлением состояния отдельных систем дизелей в целях обеспечения наивысшей топливной экономичности можно воздействовать на состав отработавших газов;

5. Восстановление технического состояния отдельных механизмов является действенным направлением снижения вредных выбросов;

6. Замена отдельных изношенных деталей также благотворно сказывается на снижении вредных выбросов с отработавшими газами. При этом состав газов изменяется следующим образом;

7. Эффективен путь каталитической нейтрализации отработавших газов, позволяющий снизить выбросы NO_x до 60%, CO - на 60-70%, C_xH_y - на 75-80% и ТЧ - на 90%.

Однако при установке каталитических нейтрализаторов вследствие создаваемых противодавлений на впуске снижается мощность двигателей до 10% [4,6,8,12].

Список литературы

1. Автомобильный справочник; пер.с англ., 1-е изд. - М.: «За рулем», 2000. - 896 с.
2. Адамович, Б.А. Каталитические нейтрализаторы отработавших газов и экологическая безопасность АТС // Автомобильная промышленность. - 2005. - №1. - С. 9-11.
3. Аксененко, В.Д. Пути снижения степени отрицательного воздействия тракторной и другой мобильной сельскохозяйственной техники на окружающую среду: Обзор / В.Д. Аксененко, В.М. Свиридов, И.А. Винокурова. - М.: ЦНИИТЭИ тракторсельхозмаш, 1984. -

сер. I. - вып. 5. - 57 с.

4. Баранов, Н.А. Исследование высокотемпературной сублимации и дисперсного состава дизельной сажи / Н.А. Баранов, В.Н. Смайлис // Труды ЦНИДИ. - Л.: ЦНИДИ, 1980. - с. 82-89.

5. Буланов, В.О. Сравнительный анализ экологически чистых автомобильных двигателей / Экологические аспекты автотранспорта: материалы Научно-практической конференции, Вязьма, 2008. М.: МГИУ. 2008, - с.17-25.

6. Вагнер, В.А. Снижение дымности дизелей / В.А. Вагнер, А.Л. Новоселов, А.С. Лоскутов. - Барнаул: Б.И., 1991. - 140 с.

7. Варшавский, И.Л. Как обезвредить отработавшие газы автомобиля / И.Л. Варшавский, Р.В. Малов. - М.: Транспорт, 1968. - 127 с.

8. Головатенко, А.Г. Повышение экологичности и экономичности автотракторных двигателей // Тракторы и с/х машины. - 2004. - №9. - С. 16-17.

9. Демочка, О.И. Пути снижения токсичности отработавших газов автотранспортных двигателей: Обзор / О.И. Демочка, В.Н. Ложкин. - М.: ЦНИИТЭИ тракторсельхозмаш. - 1984. - Сер. 1. - Вып. 13. - 53с.

10. Жегалин, О.И. Снижение токсичности автомобильных двигателей / О.И. Жегалин, П.Д. Лупачев. - М.: Транспорт, 1985. - 120 с.

11. Иващенко, Н.А. Дизельные топливные системы с электронным управлением: учеб.-практ. пособие / Н.А. Иващенко, В.А. Вагнер, Л.В. Грехов. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 2000. - 111 с.

12. Истомина, С.В. Средства для снижения дымности отработавших газов дизелей // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2005. - №6. - С.11-13.

13. Ложкин, В.Н. Об области и характере протекания процесса газификации углеродных частиц применительно к условиям сгорания в дизеле / В.Н. Ложкин, С.А. Батурин // Труды ЦНИТА. - 1985. - Вып. 85. - С. 70-81.

14. Новоселов, А.Л. Основы инженерной экологии в двигателестроении / А.Л. Новоселов, А.А. Мельберт, С.Л. Беседин - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1993. - 91 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ПРЕДПУСКОВОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ В КАТАЛИТИЧЕСКОМ НЕЙТРАЛИЗАТОРЕ ДИЗЕЛЯ

Максимейко Ю.Г. - аспирант, Печенникова Д.С. - к.т.н., ст. препод.,

Мельберт А.А. - д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Запуск дизельных двигателей в условиях отрицательных температур, особенно при безгаражном хранении транспортных средств не редко бывает затруднен, поэтому дизели оборудуются предпусковыми подогревателями. Воздух, используемый в предпусковых подогревателях в качестве окислителя, содержит следующие основные компоненты (в объемных долях): азот - 0,7808; кислород - 0,2095; аргон - 0,0093; диоксид углерода - 0,0003; прочие газы - 0,0000246 и пары веществ [1].

При сгорании дизельного топлива в камере сгорания предпускового подогревателя на выпуске отработавшие газы (ОГ) содержат (в объемных долях) следующие компоненты [2]: азот - 0,76...0,78; кислород - 0,02...0,09; пары воды - 0,005...0,04. Более подробного анализа состава отработавших газов предпусковых подогревателей, работающих на дизельном топливе, в известных опубликованных источниках не приведено.

В целях восполнения знаний, позволяющих учитывать долю загрязнения окружающей среды вредными выбросами предпусковых подогревателей дизелей были проведены исследования состава отработавших газов на стационарном стенде в Новосибирском ВВКУ в зимнее время.

В литературе также не отражены сведения об использовании каталитических нейтрализаторов одновременно для дизелей и их предпусковых подогревателей.

Определение состава отработавших газов предпускового подогревателя ПЖД-30 при различных значениях коэффициента избытка воздуха в камере сгорания проведено в период зимней эксплуатации при температуре окружающей среды $T_o = 248...249$ К, давлении $P_o = 762$ мм рт. ст., влажности $W_o = 82\%$, скорости ветра $V_v = 10$ м/с.

Особенностями доукомплектации установки явились следующие:

1. Частота вращения электродвигателя насосного агрегата (воздухонагнетателя и жидкостного насоса) регулировалась реостатом;
2. Расход воздуха определялся с помощью сдвоенной диафрагмы и дифференциального манометра.

Многоступенчатый каталитический нейтрализатор с СВС-блоками (таблица 1), был рассчитан для очистки отработавших газов дизелей с расходами до 950 м³/ч.

Таблица 1 - Характеристики пористых проницаемых СВС-каталитических блоков для нейтрализаторов

Состав шихты, в процентах по массе	
Компоненты шихты для изготовления СВС-блоков	Содержание, в % по массе
Окалина легированной стали 18ХНВА, 18ХНМА	47,5
Оксид хрома	17,9
Хром ПХ-1 по ТУ 882-76	6,9
Никель ПНК-ОТ-1 по ГОСТ 9722-79	12,4
Алюминий АСД-1 по ТУ 485-22-87	15,2
Иридий	0,1
Эффективность очистки ОГ при $P_e/P_{еном}=100\%$, $T_{ог}=833K$, $T_{кат}=833K$, в %	
Компоненты отработавших газов	Снижение содержания, в %
Оксиды азота, NO_x (суммарно)	52
Оксид углерода, CO	86
Углеводороды, C_xH_y (суммарно)	67
Твердые частицы	85

Эксперимент проводился, как правило, в одни сутки, что позволяло вести наблюдение при изменении атмосферных условий.

После проведения серии экспериментов блок дизеля проливался холодным тосолом из запасного бака, что давало возможность стабилизировать температуру в ускоренном темпе.

Предпусковой подогрев составлял 25 минут. За это время температура масла в поддоне поднималась до 308 К, температура охлаждающей жидкости на выходе из блока до 353 К. Температура каталитических блоков поднималась до 620К.

Результаты экспериментального исследования представлены на рисунке 1 и в таблице 2.

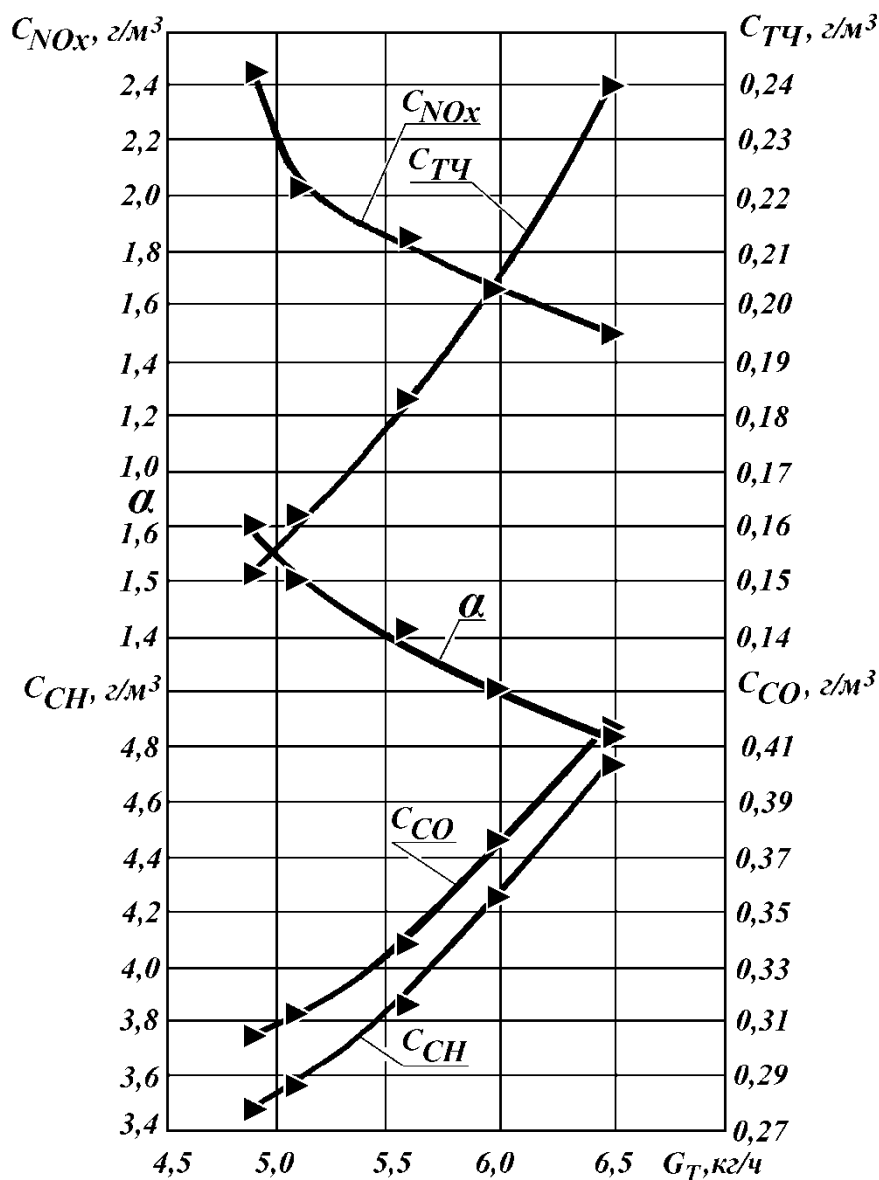


Рисунок 1 - Уровни вредных выбросов с отработавшими газами предпускового подогревателя ПЖД-30 в зависимости от расхода топлива

Из данных таблицы 2 видно, что при увеличении коэффициента избытка воздуха с $\alpha_{\text{пл}} = 1,20$ до $\alpha_{\text{пл}} = 1,60$ выбросы оксидов азота с отработавшими газами увеличиваются в 1,64 раза, выбросы продуктов неполного сгорания сокращаются: углеводородов - в 1,39 раза; оксида углерода - в 1,50 раза; твердых частиц - в 1,60 раза.

Вместе с тем, для дизелей, эксплуатируемых в условиях безгаражного хранения и отрицательных температур окружающей среды, оборудованных предпусковыми подогревателями, актуальным становится вопрос о включении времени предпускового подогрева и учете загрязнений атмосферы вредными выбросами подогревателей при определении экономического ущерба, наносимого окружающей среде.

В этом случае в расчетах учитываются выбросы всех нормируемых веществ. Следует учесть и то обстоятельство, что в ряде случаев предусмотрено участие предпусковых подогревателей и в период послепускового прогрева дизелей. В этом случае приходится иметь дело одновременно с выбросами дизелей и предпусковых подогревателей.

Использование в системах выпуска каталитических нейтрализаторов одновременно от дизелей и предпусковых подогревателей до настоящего времени не описано в опубликованных источниках и требует более детального изучения.

Таблица 2 - Содержание вредных веществ в отработавших газах предпускового подогревателя ПЖД-30 дизеля КамАЗ-740, $T_{ог}=833K$

Вредные компоненты отработавших газов (нормируемые)	Коэффициент избытка воздуха, α_{nn}				
	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Оксиды азота - NO_x , г/м ³	1,499	1,643	1,848	2,054	2,464
Углеводороды (суммарно) - C_xH_y , г/м ³ , $\times 10^{-3}$	4,78	4,21	3,86	3,57	3,43
Оксид углерода - CO, г/м ³	0,413	0,375	0,337	0,313	0,275
Твердые частицы - ТЧ, г/м ³	0,24	0,20	0,18	0,16	0,15

В рассматриваемом случае нет необходимости анализа ситуации с точки зрения выполнения норм ЕВРО-стандартов, потому что дизель одновременно не работает с предпусковым подогревателем по 13-режимному испытательному циклу.

С другой стороны, есть необходимость рассмотрения вопроса очистки отработавших газов предпускового подогревателя в каталитическом нейтрализаторе в процессе прогрева каталитических блоков последнего в течение периода предпусковой подготовки.

Направление отработавших газов предпускового подогревателя в каталитический нейтрализатор служит для выполнения одновременно двух задач: очистки их от продуктов неполного сгорания и оксидов азота и использования их тепла для предпускового разогрева каталитических блоков.

Результаты качества очистки отработавших газов предпускового подогревателя в каталитических блоках приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Эффективность очистки отработавших газов предпускового подогревателя в каталитическом нейтрализаторе при $\alpha_{nn}=1,3$

Компоненты ОГ подогревателя	Выбросы при $T_{ог} = 833K$ без КН г/м ³	Выбросы отдельных компонентов после КН, г/м ³ при различной температуре каталитических блоков						
		2 50K	2 73K	2 98K	3 77K	5 93K	7 13K	8 33K
NO_x	1,643	1,643	1,643	1,643	1,62	1,61	0,94	0,44
C_xH_y	4,210	4,21	4,21	4,10	4,00	3,30	1,98	0,33
CO	0,375	0,375	0,375	0,375	0,375	0,32	0,29	0,15
ТЧ	0,20	0,06	0,06	0,06	0,06	0,04	0,02	0,02

Из данных таблицы 3 видно, что вместе с прогревом каталитических блоков заметное влияние на снижение выбросов оксидов азота обнаруживается с температуры 713 К, углеводородов - с температуры около 593 К, оксида углерода - с температуры 713 К. Сокращение выбросов твердых частиц начинается с температуры воспламенения сажи.

В результате исследования, установлен состав отработавших газов в зависимости от коэффициента избытка воздуха и определена эффективность очистки отработавших газов предпускового подогревателя в зависимости от температуры каталитических блоков нейтрализатора.

Список литературы

1. Николаев, Л.А. Системы подогрева тракторных дизелей при пуске / Л. А. Николаев, А. П. Сташкевич, И. А. Захаров. - М.: Машиностроение, 1977. - 191 с.
2. Белоусов, И.С. Пуск тракторных и автомобильных двигателей: учебное пособие / И. С. Белоусов, П. И. Федюнин // Новосиб. гос. аграрн. ун. - Новосибирск: НГАУ, 2006. - 152 с.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА НА СОСТАВ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ

Медведев Г.В. - к.т.н., доцент, Максимейко Ю.Г. - аспирант,
Горлова Н.Н. - докторант, к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

При эксплуатации дизельных двигателей в условиях пониженных температур, на состав отработавших газов существенное влияние оказывает температура окружающей среды [1].

Для установления влияния температуры окружающего воздуха на качество очистки отработавших газов дизеля 8Ч12/12 [2], в каталитическом нейтрализаторе были проведены испытания в период зимней эксплуатации при температуре окружающей среды $T_0 = 241...264$ К, давлении $P_0 = 758...762$ мм рт. ст., влажности $W_0 = 75...85\%$, скорости ветра $V_{в} = 10...12$ м/с.

Особенностью проведения экспериментальных исследований являлось то, что отдельные характеристики (нагрузочные и скоростные) были сняты в различные дни, при различных атмосферных условиях, а полученные результаты приводились к нормальным условиям в соответствии с ГОСТ.

При температурах 241...248...264...273...298 К определены оценочные показатели вредных выбросов оксидов азота, углеводородов, оксида углерода и твердых частиц согласно методике, установленной стандартом, и проведено их сравнение с требованиями стандартов ЕЭК ООН ЕВРО-3, ЕВРО-4 и ЕВРО-5.

Перед проведением серии испытаний дизель предварительно прогревался до температуры охлаждающей жидкости $T_{охл} = 363$ К и температуры масла $T_m = 358$ К.

На рисунке 1 приведены графики изменения уровней вредных выбросов с отработавшими газами дизеля КамАЗ-740 при 2600 мин^{-1} по нагрузочной характеристике.

Следует отметить, что увеличение уровней выбросов оксидов азота по всей нагрузочной характеристике может быть объяснено увеличением коэффициента наполнения η_v свежим зарядом цилиндров и, при одинаковой цикловой подаче, увеличением коэффициента избытка воздуха. Что в свою очередь создает дополнительные условия для окисления азота в цилиндре дизеля.

Снижение уровней выбросов твердых частиц (ТЧ), углеводородов C_xH_y (условно СН), оксида углерода (СО) - это итог повышения коэффициента избытка воздуха за счет увеличения весового заряда воздуха в цилиндре.

Проведенные испытания по внешней скоростной характеристике, результаты которых приведены на графиках рисунка 2, показали, что при изменении температуры окружающей среды с 298 К до 241 К в диапазоне $1000...2600 \text{ мин}^{-1}$ при полной подаче топлива наблюдается снижение уровней выбросов с отработавшими газами углеводородов, оксида углерода и твердых частиц и увеличение выбросов оксидов азота.

Таблица 1 - Влияние температуры окружающей среды на величины оценочных показателей вредных выбросов дизеля КамАЗ-740

Оценочные показатели вредных выбросов	Величины оценочных показателей, г/(кВт.ч)							Кратность превышения норм ЕВРО-4/ЕВРО-5 при $T_0 = 241$ К
	Допустимые уровни			Вредные выбросы при				
	ЕВРО-3	ЕВРО-4	ЕВРО-5	$T_0 = 241$ К	$T_0 = 264$ К	$T_0 = 273$ К	$T_0 = 298$ К	
$q_{оц} NO_x$	5,00	3,50	2,00	9,24	8,98	8,77	8,63	2,64/4,62
$q_{оц} CO$	2,10	1,50	1,50	1,54	1,86	2,01	2,45	1,03/1,03
$q_{оц} CH$	0,60	0,46	0,25	0,28	0,34	0,52	0,69	0,61/1,12
$q_{оц} ТЧ$	0,10	0,02	0,02	0,14	0,19	0,20	0,22	7,00/7,00

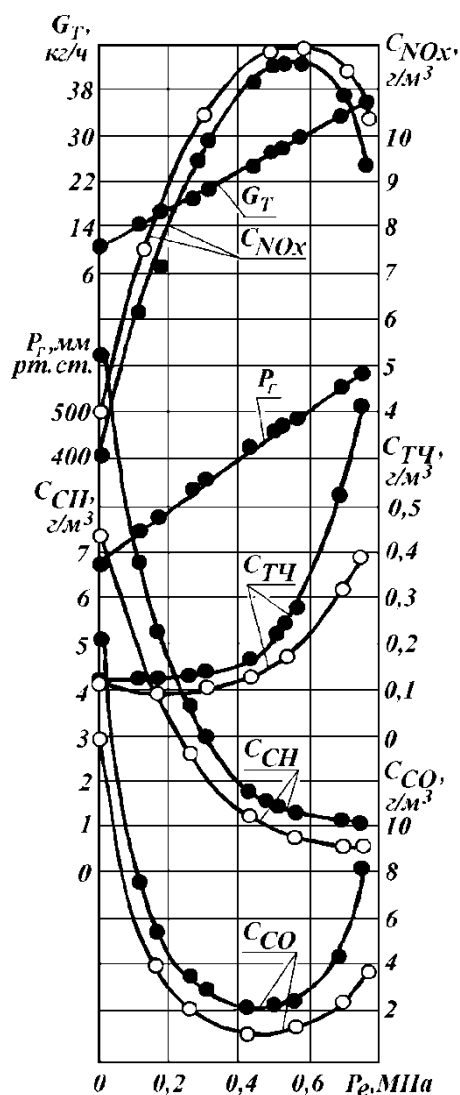


Рисунок 1 - Изменение уровней вредных выбросов с отработавшими газами дизеля КамАЗ-740 по нагрузочной характеристике при 2600 мин^{-1} при температурах:
 • -298 К; о-241 К

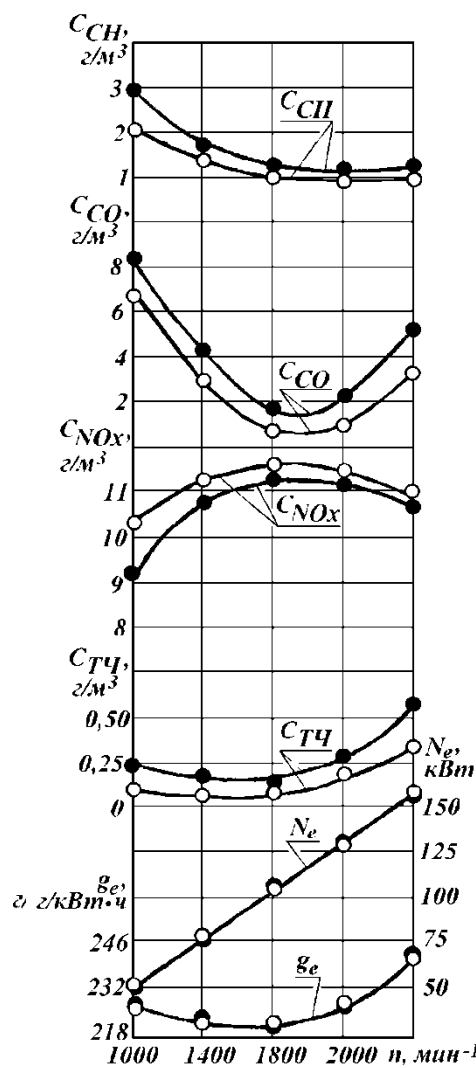


Рисунок 2 - Изменение уровней вредных выбросов с отработавшими газами дизеля КамАЗ-740 по внешней скоростной характеристике при температурах:
 • -298 К; о-241 К

Результаты определения влияния температуры окружающей среды с учетом поправки на скорость ветра на удельные оценочные показатели вредных выбросов приведены в таблице 1, где сведены данные для температур $T_0 = 241...264...273...298 \text{ К}$.

Полученные данные свидетельствуют о том, что без каталитического нейтрализатора нормы вредных выбросов с отработавшими газами дизеля не выполняются как ЕВРО-3, ЕВРО-4 и ЕВРО-5, но при этом нормы ЕВРО-3 по выбросам оксида углерода и углеводородов при $T_0 = 241 \text{ К}$ выполняются.

Список литературы

1. Лоскутов, А. С. Снижение выбросов оксидов азота дизелями в атмосферу / А. С. Лоскутов, А. Л. Новоселов, В. А. Вагнер / Под ред. А. Л. Новоселова / Алт. краев. правл. Союза НИО СССР. - Барнаул, 1990. - 120 с.
2. Новоселов, А.Л. Зависимость качества очистки отработавших газов дизеля 8Ч12/12 от температуры СВС-каталитических блоков нейтрализатора / А.Л. Новоселов, Ю.Г. Максимейко, Т.А. Стопорева // Экологические проблемы энергоустановок с тепловыми двигателями: Сб. статей; под ред. д.т.н., проф. А.А. Мельберг - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008. - С. 67-72.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ И ВОСПЛАМЕНЕНИЯ

Зимонин К.П. – аспирант, Павлюк А.С. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Актуальность. В настоящее время наблюдается рост цен на топливо и ужесточение норм токсичности отработавших газов двигателей внутреннего сгорания. Для удовлетворения этим нормам и, как следствие, повышения топливной экономичности требуется обеспечить качественное смесеобразование. В связи с этим системы питания современных двигателей стали конструктивно сложнее, повысилась степень сжатия, давление впрыска возросло, зачастую до нескольких сотен мегапаскалей, а вместе с этим значительно подорожали производство и эксплуатация данных систем.

На данный момент одним из перспективных способов, является способ смесеобразования и воспламенения на основе электрогидравлического эффекта (ЭГЭ) [1,2,3], имеющий преимущества как бензиновых так и дизельных систем смесеобразования и воспламенения, который является не до конца изученным [4]. Поэтому разработка и построение стенда для испытания таких систем смесеобразования и воспламенения остаются актуальными.

Цель работы. Цель данной работы заключается в разработке конструкции экспериментальной установки для снятия параметров с двигателя оснащённого системой смесеобразования и воспламенения на основе электрогидравлического эффекта.

Предмет конструирования. Для достижения цели, была сконструирована экспериментальная установка (рисунок 1) позволяющая производить корректировку углов опережения зажигания и опережения впрыска топлива, изменять длительность впрыска



Рисунок 1 – Экспериментальная установка

топлива, степень сжатия, а так же снимать мощностные и экологические параметры двигателя. Установка состоит из рамы, двухтактного одноцилиндрового двигателя, соединенного со стартером через электромагнитную муфту поликлиновым ремнём и оснащённого системой питания и воспламенения на основе ЭГЭ. Так же установка имеет нагрузочное устройство присоединённое к двигателю через вал и эластичную муфту (на рисунке отсутствуют).

Система смесеобразования и воспламенения, которой оснащён двигатель, состоит из питающей электрической схемы генератора импульсов тока [5] (рисунок 2), топливоподающего насоса, форсунки и платы управлением длительностью впрыска топлива (рисунок 3).

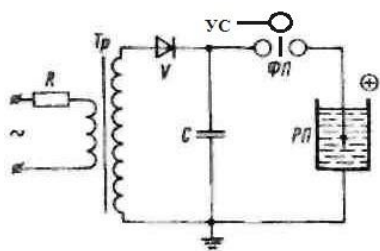


Рисунок 2 - Электрическая схема для воспроизведения ЭГЭ с одним формирующим промежутком



Рисунок 3 - Плата управлением длительностью впрыска топлива

Пуск установки производится от стартера. В момент подачи напряжения на стартер срабатывает электромагнитная муфта, соединённая с электрической цепью стартера параллельно и передающая момент на коленвал двигателя. После запуска прекращается подача напряжения на стартер, муфта разъединяется и не оказывает влияния на вращение коленвала двигателя.

Результаты. Установка показала себя работоспособной и пригодной для проведения исследований работы двигателя с установленной системой смесеобразования и воспламенения.

Список литературы

1. Пат. № 2382214 Российская Федерация, МПК F02B 3/02. Способ смесеобразования и воспламенения рабочей смеси двигателя внутреннего сгорания и устройство для его осуществления / Павлюк А.С., Семкин Б.В., Стенников А.О.; заявл. 1.04.2008; опубл. 20.02.2010

2. Пат. № 2397339 Российская Федерация, МПК F02B 3/02. Способ смесеобразования и воспламенения рабочей смеси двигателя внутреннего сгорания и устройство для его осуществления / Павлюк А.С., Семкин Б.В., Стенников А.О.; заявл. 11.01.2009; опубл. 20.08.2010

3. Пат. № 2403411 Российская Федерация, МПК F02B 3/02. Способ смесеобразования и воспламенения рабочей смеси двигателя внутреннего сгорания и устройство для его осуществления / Павлюк А.С., Семкин Б.В., Стенников А.О.; заявл. 8.05.2009; опубл. 10.11.2010

4. http://edu.secna.ru/media/f/transport_sistem_tez_2014.pdf

5. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. Л: Машиностроение, Ленингр. Отд-ние. – 1986. – 253 с.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПОРОШКОВОЙ КОМПОЗИЦИОННОЙ НАПЛАВОЧНОЙ СМЕСИ НА СТОЙКОСТЬ РАБОЧИХ ОРГАНОВ БУРИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Мясников А.Ю. – студент, Собачкин А.В. – к.т.н., с.н.с., Яковлев В.И. – к.т.н., доцент,
Ситников А.А. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Проведенный маркетинговый анализ показал, что предприятия, занимающиеся бурением в Алтайском крае, нуждаются в высокоэффективных и долговечных рабочих органах бурильной техники. Однако, в связи с напряженной экономической обстановкой поставки новых износостойких буров ограничены, поэтому укрепление новых и восстановление изношенных рабочих органов бурильной техники, как правило, проводят кустарно, применяя несовременные технологии и материалы для упрочнения. Высокая значимость бурильных работ, прежде всего, для обеспечения населения питьевой водой, ведет к необходимости исследований в области повышения ресурсоемкости рабочих кромок бура.

Одним из универсальных и простых способов создания износостойких поверхностей рабочих органов бурильной техники является электродуговая наплавка порошковых механокомпозитов, полученных методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) [1-3]. Применение современных СВС-материалов для наплавки позволит создать покрытие, обладающее комплексом свойств – высокая износостойкость, коррозионная стойкость, сравнительно высокая ударная вязкость, что может в результате увеличить глубину бурения за проход, уменьшить количество простоев и повысить экономическую эффективность бурильных работ.

Относительно новым методом получения высоко дисперсных композиционных материалов является так называемый механически активированный СВС [4]. Он содержит

две основных технологии – предварительную механическую активацию порошковых смесей и непосредственно реакции СВ-синтеза неорганических материалов [5].

Первый этап проходит в механоактиваторе, где в течение некоторого времени обрабатывается порошковая смесь. В результате такого механического воздействия изменяются энергетические и структурные параметры полученной смеси, что позволяет эффективно управлять реакцией безгазового горения. На втором этапе активированный порошок используется в качестве реакционной смеси для СВС. Отметим, что путем применения технологии механоактивации и СВС в «инертной» матрице возможно создать смесь, содержащую различные высокодисперсные частицы упрочнителя, равномерно распределенные по объему матрицы, которую чрезвычайно сложно или вообще невозможно получить другими способами.

Целью работы является установление влияния состава порошковой композиционной наплавочной смеси, полученной методом механически активированного СВС, на стойкость рабочих поверхностей буровой техники

В качестве упрочняющей фазы композиционного материала были выбраны карбиды, так как они обладают высокими показателями твердости, устойчивостью к диссоциации и т.д., а в качестве матрицы применялась быстрорежущая сталь Р6М5.

Изменяя состав и процентное соотношение карбидной упрочняющей фазы и матрицы, можно получить комплекс полезных свойств наплавленного слоя, что после проведения испытаний на микротвердость позволит установить наиболее рациональный состав для наплавки износостойкого покрытия бура.

Для проведения наплавочных работ методом механически активированного СВС были получены следующие составы:

- первый состав $TiC + SiC + P6M5$;
- второй состав $TiC + WC + P6M5$;
- третий состав $TiC + SiC + WC + P6M5$.

Наплавим получившиеся составы и оценим свойства покрытия по его твердости в поперечном и продольном направлениях. Для измерения твердости использовался микротвердомер для проведения испытаний по Виккерсу 402 MVD.

Например, значения микротвердости в покрытии $TiC + SiC + P6M5$ превышают показатели в основном металле в 2-4 раза, пиковые значения составляют около 900 HV. Переходная зона между наплавленным слоем и основным металлом составляет около 300 мкм. Общая картина распределения микротвердости является типичной для деталей, подверженных термомеханическому воздействию на металл при электродуговой наплавке.

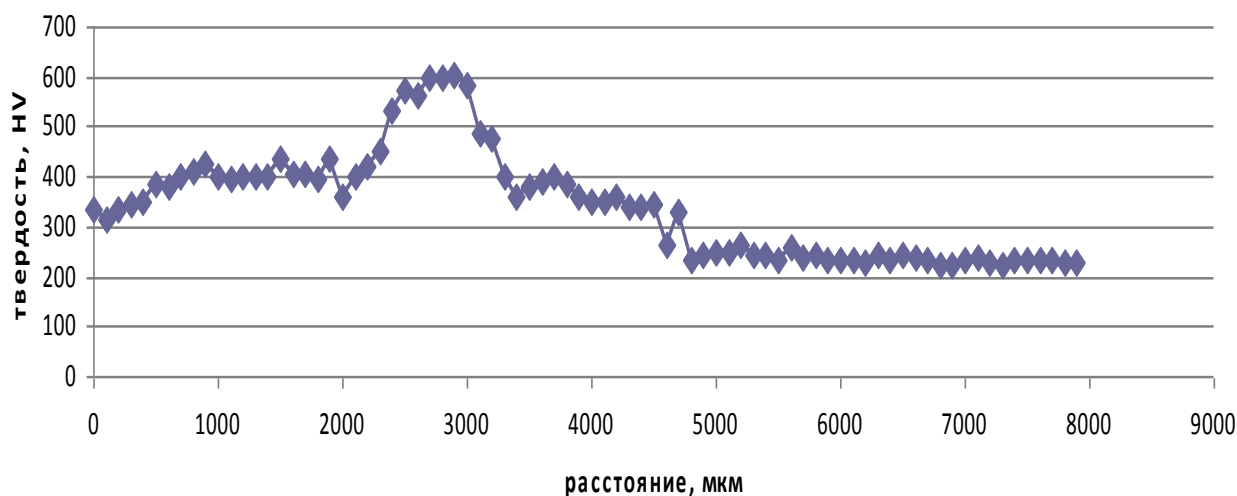


Рисунок 1 – График распределения микротвердости в образце TiC + SiC + P6M5, продольный шлиф

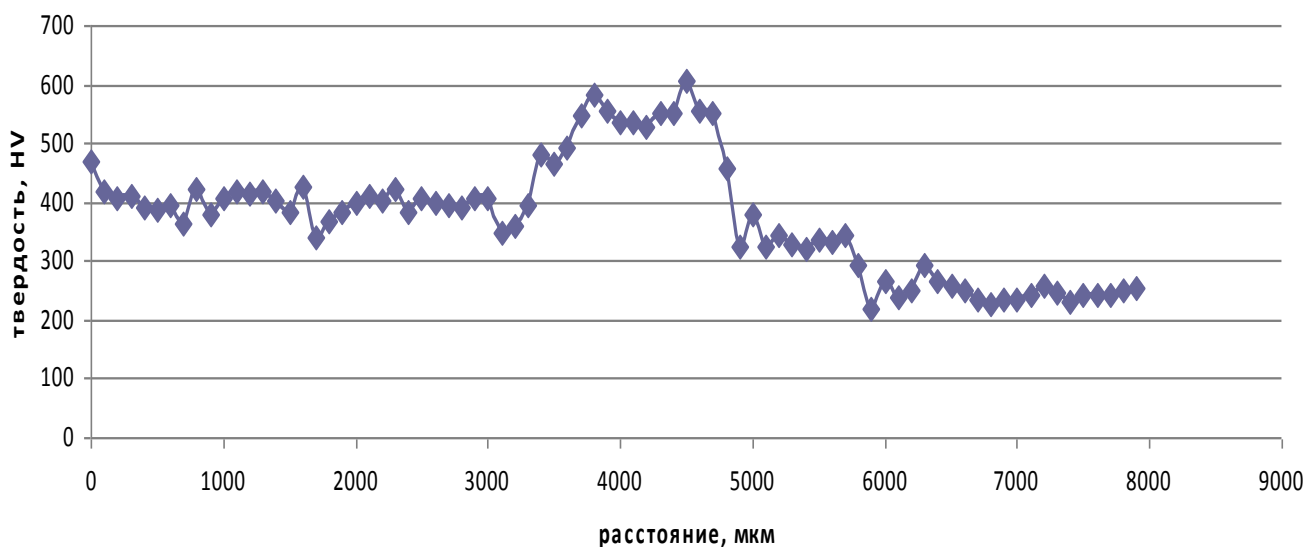


Рисунок 2 – График распределения микротвердости в образце TiC + SiC + P6M5, поперечный шлиф

Использование карбидной смеси TiC + SiC + P6M5 для электродуговой наплавки многокомпонентных порошков СВС-мехакомпозитов составов дает возможность получить в структуре металла покрытия, наряду с крупными карбидами различной формы преимущественно более мелкие одиночные карбиды и их цепочки. Следовательно, полученная структура наплавленного металла из-за измельчения зерна должна обеспечивать значительную износостойкость за счет высокой твердости покрытия[6].

Список литературы

1. Собачкин А.В., Яковлев В.И., Ситников А.А. Применение методов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза и механоактивационной обработки для создания новых наплавочных материалов // Заготовительные производства в машиностроении. 2012. № 9. С. 17-22.
2. Собачкин А.В., Назаров И.В., Яковлев В.И., Ситников А.А., Ярцев П.С. Морфология покрытий из многокомпонентных предварительно механоактивированных порошков СВС-композитов // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2012. № 3. С. 141-144.
3. Собачкин А.В., Ситников А.А., Яковлев В.И., Татар М.Е., Логинова М.В., Сейдуров М.Н. Повышение износостойкости рабочих органов сельскохозяйственных машин электродуговой наплавкой порошковым электродом // Ползуновский альманах. 2011. № 4-2. С. 133.
4. Евстигнеев В. В., Вольпе Б. М., Милюкова И. В., Сайгутин Г. В. Интегральные технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. – М. : Высшая школа, 1996. 284 с.
5. Sobachkin A.V., Sitnikov A.A., Yakovlev V.I. Application of self-propagating high-temperature synthesis and mechanoactivating treatment for producing multi-component composite alloying materials // Applied Mechanics and Materials. 2013. Т. 379. С. 173-177.
6. Собачкин А.В., Яковлев В.И., Ситников А.А. Особенности морфологии покрытий из многокарбидных предварительно механоактивированных СВС-композитов // Ползуновский альманах. 2012. № 1. С. 41-44.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ НАГРУЖЕНИЯ НА ЖЕСТКОСТЬ И ДЕМПФИРОВАНИЕ РЕЗИНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ШАРНИРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ХОДОВОЙ ЧАСТИ ТРАНСПОРТНО-ТЯГОВЫХ МАШИН

Куприянов С.Е. - студент, Шестаков В.Ю. - студент, Коростелев С.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

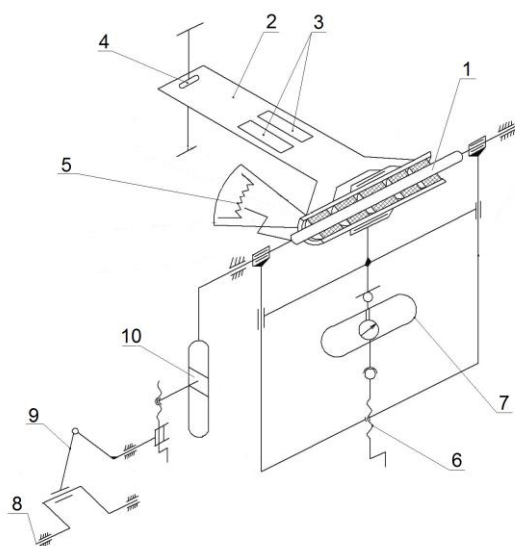
В конструкциях транспортных машин широкое применение получили резинометаллические элементы в виде шарнира (РМШ) комбинированного типа [1,2] (элементы подвески легковых и грузовых автомобилей, шарниры соединения звеньев гусеничной цепи). В таком шарнире резиновый элемент привулканизовывается по внутренней поверхности к металлическому пальцу и запрессовывается в металлическую обойму.

При динамическом нагружении частота и амплитуда внешнего воздействия оказывает влияние на жесткость и демпфирование резиновых элементов [3,4]. В первом приближении жесткостные характеристики резиновых элементов можно оценить, используя для расчета напряжено-деформированного состояния при вторичном нагружении крутящим моментом вместо равновесного модуля динамический модуль. Однако такой подход не позволяет получить потери энергии при деформировании резинового элемента. Поэтому при динамическом нагружении резину следует рассматривать как вязкоупругий материал [3,4].

С целью оценки влияния режимов деформирования резиновых элементов были исследованы процессы динамического деформирования резиновых элементов РМШ различного конструкционного исполнения при различных режимах деформирования характерных для эксплуатации.

Исследования проводились на специальном стенде (рисунок 1), позволяющем циклически закручивать лабораторные образцы (рисунок 2) на заданный угол, и измерять соответствующий ему момент реакции шарнира.

В результате испытаний получены зависимости угла и соответствующего ему момента реакции шарнира от времени, т.е процесс циклического закручивания резинометаллического шарнирного соединения для различных частот закручивания и амплитуд угла.



1 – лабораторный образец РМШ; 2 – тензобалка; 3 – тензодатчики; 4 – опорные призмы; 5 – датчик угла; 6 – нагрузочный винт; 7 – динамометр; 8 – вал привода; 9 – кривошипно-шатунный механизм; 10 – кулисный механизм.

Рисунок 1 – Схема и фотография стенда для определения потерь энергии в РМШ

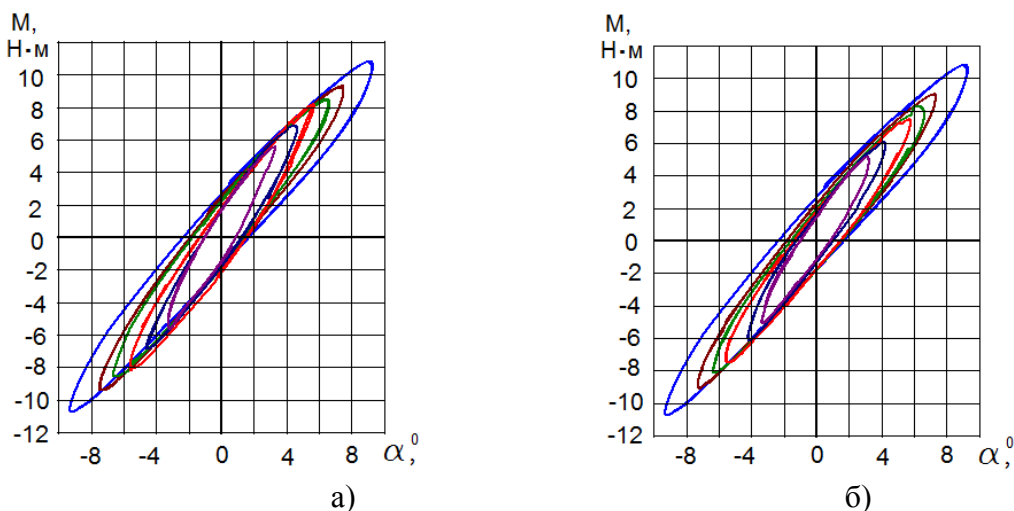


а)

б)

Рисунок 2 - Лабораторный образец: а – резинометаллический палец; б – резинометаллический шарнир в сборе

На рисунке 3 представлены петли гистерезиса полученные при циклическом закручивании РМШ уплотнительного типа при последовательном увеличении амплитуды угла закручивания и при ее последующем снижении.



а)

б)

Рисунок 3 – Экспериментальные петли гистерезиса уплотнительный вариант РМШ:
а - последовательное увеличение амплитуды угла закручивания;
б - последовательное снижение амплитуды угла закручивания.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы. Увеличение амплитуды угла закручивания снижает угловую жесткость резиновых элементов как уплотнительного, так и силового варианта РМШ. Снижение угловой жесткости при последовательном увеличении амплитуды угла закручивания от опыта к опыту несколько выше, чем возрастание жесткости резиновых элементов при последовательном уменьшении амплитуды угла закручивания. Увеличение амплитуды с 3° до $8,5^{\circ}$ приводит к снижению угловой жесткости резиновых элементов шарнира в 1,4 раза. Снижение жесткости обусловлено тиксотропными свойствами резины. Относительный гистерезис при этом снижается в 1,15 раза. В рассмотренном диапазоне частот нагружения от 0,4 до 5 Гц угловая жесткость практически не меняется при постоянной амплитуде, а относительный гистерезис незначительно выше в 1,02-1,03 раза при частоте нагружения 0,4 Гц.

Список литературы

1. Шарипов, В.М. Конструирование и расчет тракторов: Учебник для студентов вузов. 2-е изд. перераб. и доп./ В.М. Шарипов – М.: Машиностроение, 2009. – 752 с.
2. Расчет и конструирование гусеничных машин / Н.А. Носов, В.Д. Галышев, Ю.П. Волков, А.П. Харченко – Л.: Машиностроение, 1972. – 560 с.
3. Лавендел, Э.Э. Расчеты резинотехнических изделий.: Монография – М.: Машиностроение, 1976. – 232 с.
4. Уорд, И. Механические свойства твердых полимеров. – М.: Химия, 1975. – 350 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ РАЗГОНА АВТОМОБИЛЯ С УЧЕТОМ ПОТЕРИ СКОРОСТИ ВО ВРЕМЯ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ

Федоряев М.С. - студент, Коростелев С.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Время и путь разгона автомобиля до заданной скорости позволяют оценить его динамические свойства. Определение указанных параметров осуществляется экспериментально по результатам заездов [1,2]. Развитие вычислительной техники и широкое применение математических моделей при проектировании автомобилей позволяют описать процесс разгона автомобиля и с достаточной степенью точностью оценить тягово-динамические свойства автомобиля.

Процесс разгона автомобиля сопровождается переключением передач. Процесс переключения передачи сопровождается разрывом потоком мощности подводимой к ведущим к колесам в результате, которого снижается скорость автомобиля. Снижение скорости автомобиля зависит от многих факторов и в первую очередь от времени затрачиваемого на переключение передачи и величины сил сопротивления. Как правило, при определении потери скорости от действующих сил сопротивления движению автомобиля во время переключения передач, учитывается только влияние сил суммарного дорожного сопротивления. Но, как показывают результаты расчетов, при скорости более 30-40 км/ч необходимо учитывать влияние силы сопротивления воздуха. Расчеты показывают, что во время переключения передач, учитывая влияние сил сопротивления воздуха, потеря скорости увеличивается в 2-3 раза.

Поэтому в данной работе приводится вывод зависимости позволяющей оценить влияние силы сопротивления воздуха на величину потери скорости автомобиля в процессе переключения передачи.

При движении автомобиля во время переключения передачи действуют силы инерции, сопротивления воздуха и суммарного дорожного сопротивления, что описывается следующим выражением:

$$mg\psi + kFV^2 + m\delta_{BP} \frac{dV}{dt} = 0 \quad , \quad (1)$$

где

m - масса автомобиля,

g - ускорение свободного падения,

ψ - коэффициент суммарного дорожного сопротивления,

$W=kF$ - фактор обтекаемости,

k - коэффициент сопротивления воздуха,

F - лобовая площадь автомобиля,

δ - коэффициент учета вращающихся масс,

V - скорость автомобиля.

Разделим (1) на W и запишем в виде:

$$-\frac{m\delta_{BP}}{W} \cdot \frac{dV}{dt} = \frac{mg\psi}{W} + V^2. \quad (2)$$

Разделим переменные

$$-\frac{dV}{\frac{mg\psi}{W} + V^2} = \frac{W}{m\delta_{BP}} dt. \quad (3)$$

В результате интегрирования выражения (3) получим:

$$-\frac{1}{\sqrt{\frac{mg\psi}{W}}} \cdot \operatorname{arctg} \frac{V}{\sqrt{\frac{mg\psi}{W}}} = \frac{W}{m\delta_{BP}} \cdot t + C. \quad (4)$$

Определим значение постоянной интегрирования C . Время, затрачиваемое на переключение передачи, составляет 0,8...1,5 с. На начало процесса переключения $t=0$, а скорость автомобиля $V=V_0$, тогда:

$$C = -\frac{1}{\sqrt{\frac{mg\psi}{W}}} \operatorname{arctg} \frac{V_0}{\sqrt{\frac{mg\psi}{W}}}. \quad (5)$$

Перепишем выражение (4) в следующем виде

$$\operatorname{arctg} \frac{V}{\sqrt{\frac{mg\psi}{W}}} = -\left(\frac{W}{m\delta_{BP}} \cdot t + C\right) \cdot \sqrt{\frac{mg\psi}{W}}, \quad (6)$$

которое, с учетом выражения (5), примет вид

$$\operatorname{arctg} \frac{V}{\sqrt{\frac{mg\psi}{W}}} = -\left(\frac{W}{m\delta_{BP}} \cdot t \sqrt{\frac{mg\psi}{W}} - \operatorname{arctg} \frac{V_0}{\sqrt{\frac{mg\psi}{W}}}\right). \quad (7)$$

После выполнения алгебраических преобразований окончательно получаем выражение для определения скорости автомобиля в конце процесса переключения передачи.

$$V = \sqrt{\frac{mg\psi}{W}} \times \operatorname{tg} \left(-\frac{W}{m\delta_{BP}} \cdot t \cdot \sqrt{\frac{mg\psi}{W}} + \operatorname{arctg} \frac{V_0}{\sqrt{\frac{mg\psi}{W}}} \right). \quad (8)$$

Полученное выражение (8) применено при определении времени и пути разгона с учетом переключения передач с помощью программы для ЭВМ [3].

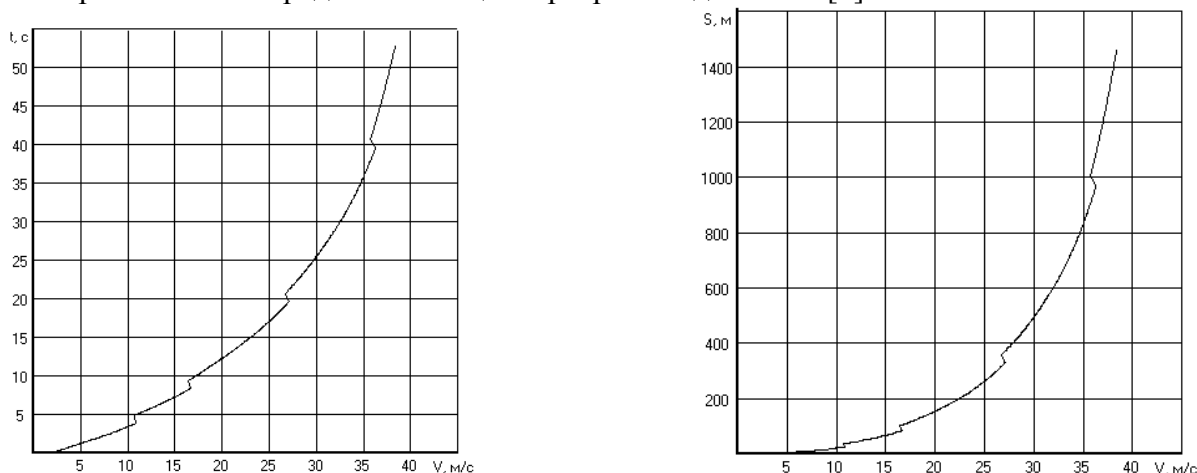


Рисунок 1 - График времени и пути разгона автомобиля с учетом переключения передач

Таким образом, полученная зависимость позволяет определить скорость автомобиля в конце процесса переключения передачи в коробке передач и с более высокой точностью моделировать процесс разгона автомобиля.

Список литературы

1. Гришкевич А.И. Автомобили: Теория: Учебник для вузов. - Мн.: Выш. шк.,1986. - 208с.
2. Кравец В.Н. Теория движения автомобиля: учебник /В.Н. Кравец. НГТУ им. Р.Е Алексеева. – Нижний Новгород, 2014. – 697 с.
3. Коростелев С.А. Тягово-динамический расчет автомобиля / С.А. Коростелев, Д.Ю. Каширский//Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2004610066 от 05.01.04.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ ВЛАГОАККУМУЛИРУЮЩЕЙ КОМПОЗИЦИИ ПРЕДЛОЖЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ВЫСОКОГОРНЫХ ПАСТБИЩ

Суворов С.А. – аспирант, Сороченко С.Ф. – к.т.н., профессор, Дрюк В.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Актуальность. Сотрудниками кафедры НТТС совместно с кафедрой ЮНЕСКО и ООО «Теллура-Бис» предложена технология для восстановления плодородия обеднённых пастбищных почв. Обеднённые почвы имеются в ряде аймаков Монголии, в высокогорной части Республики Алтай (в Кош-Агачском и Уланском районах сельскохозяйственные угодья на 90 % представлены пастбищами [1]). Технология включает приготовление питательной влагоаккумулирующей композиции (ПВК) и внесение её в почву при посеве семян засухоустойчивых растений [2,3,4]. Назначение ПВК – предоставить растению необходимый запас воды и питательных элементов на начальных фазах развития; образовать в почве местескорня растений связанный слой, обладающий влагоаккумулирующими свойствами.

Цель работы – определить рациональный состав, толщину слоя ПВК, способ внесения в почву.

Методика проведения экспериментов. В июне 2014 г. на опытном участке в окрестностях с. Новый Бельтир Кош-Агачского района проведен полевой эксперимент. Для эксперимента было приготовлено девятнадцать составов ПВК с разными соотношениями компонентов (вода, глина, торф легкий, комплексное минеральное удобрение, перегной, гуминовое удобрение). Приготовление части концентратов ПВК выполняли на механоактиваторе. Посевной материал, применяемый при полевом эксперименте, — элитные семена овса сорта Корифей урожая 2013 г (таблица 1).

Таблица 1 – Посевные качества овса

Наименование	Значение
Чистота / сортовая чистота, %	99,12 / 100
Всхожесть, %	94
Влажность, %	13,5
Масса тысячи семян, г	38,4
Энергия прорастания, %	91

Посев семян овса производили вручную, при этом перед посевом были образованы бороздки шириной 4 см и длиной 1 м. Глубина бороздки варьировалась от 6 до 9 см в зависимости от номера опыта. Высев овса выполняли по двум вариантам:

- раствор ПВК покрывали почвой слоем 1 см и только потом производили посев;
- посев семян производили на поверхность ПВК.

Норма высева семян овса - 75 шт/м. Повторность опытов принята равной трём.

Отбор проб почвы для определения влажности, содержания гумуса, минеральных веществ и гранулометрического состава и оценки состояния посевов овса проводили на опытном участке 28 июня 2014. Анализ проб почвы проводили в лаборатории НИИХИМ с/х и агроэкологии ФГБОУ ВПО АГАУ. В таблицах 2 и 3 представлены результаты анализа почвы (Протокол № 368 от 15 июля 2014 г).

Таблица 2 – Гранулометрический состав почвы

Потери от обработки, %	Содержание фракций, % от абсолютно сухой почвы					
	1 – 0,25 мм	0,25 – 0,05 мм	0,05 – 0,01 мм	0,01 – 0,005 мм	0,005 – 0,001 мм	< 0,001 мм
2,4	34,2	32,4	14,1	5,4	1,5	10,0

Таблица 3 – Физико-химические показатели почвы

№ п/п	Влажность, % ГОСТ 28268-89	рНв, ГОСТ 26483-85	Азот нитратный, мг/кг ГОСТ 26951-86	Азот Аммонийный, мг/кг ГОСТ 26489-85	Подвижный фосфор, мг/кг ГОСТ 26204-91	Подвижный калий, мг/кг ГОСТ 26204-91	Гумус, % ГОСТ 26213-91
1	7,8	6,8	2,3	8,0	147,5	106	-

Как видно из представленных данных, почва на опытном участке была тяжёлой, глинистой, с полным отсутствием гумуса.

Результаты. Всходы овса на 30 день после посева представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 - Всходы овса на 30 день после посева (29.07.14 г.)

Для определения массы растений, на 60 день были отобраны образцы растений со всех делянок. Оценку образцов выполняли по массе растений определённой длины - 50 мм от корневой шейки. Массу определяли с точностью до 0,01 г на электронных весах MW 120.

Средняя длина растений на контроле составила от 89,6 до 118,3 мм, а в опытах по предложенной технологии — от 68,3 до 127,8 мм.

Масса одного растения в контрольных опытах не превышала 0,128 г, а в опытах по предлагаемой технологии - 0,198 г, что больше в 1,5 раза.

Список литературы

1. Земельные ресурсы Республики Алтай. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.altaionline.ru/altai.php?id=344>(дата обращения: 10.04.2015 г.).

2. Сороченко, С.Ф. Полевые испытания технологии рекультивации песчаных почв / С.Ф. Сороченко, В.А. Дрюк, А.А. Ситников, Е.Н. Нефедов, М.Ю. Шишин, В.А. Куцый, А.А. Томаровский, С.А. Суворов / Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2014.-№2 (112). - С. 46-52.

3. Ситников, А.А. Технология рекультивации песчаных почв / А.А. Ситников, В.А. Дрюк, С.Ф. Сороченко, Е.Н. Нефедов, М.Ю. Шишин, В.А. Куцый, С.А. Суворов, Ю.Н. Камышов / Ползуновский вестник, Алт. гос. техн. ун-ет им. И.И. Ползунова. - Барнаул, Изд-во АлтГТУ, 2014.- ч.4, С.40-44.

4. Суворов, С.А. Зерновая сеялка с дополнительным оборудованием для реализации технологии по рекультивации песчаных почв /Суворов С.А., Аврамчик Е.М., Странцов К.Н., Сороченко С.Ф., Дрюк В.А. // Горизонты образования. Научно-образовательный журнал АлтГТУ.- 2014.- Вып. 16. [Электронный ресурс]. URL: http://edu.secna.ru/media/f/transport_sistem_tez_2014.pdf.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЯЗКОСТИ ПАСТООБРАЗНОЙ КОРМОВОЙ СМЕСИ

Кондрух В.В.– студент, Молчанов П.Д. – студент, Ставров П.В. – студент, Камышова К.П. – студентка, Сильченко И.А. – аспирант, Камышов Ю.Н. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Актуальность темы. Животноводство дает 60% валовой продукции, доля его в составе агропромышленного комплекса постоянно растет[1].

Производство животноводческой продукции невозможно без прочной кормовой базы. На настоящий момент в практике кормления животных используют 4 вида кормов: сухие, гранулированные, пастообразные и жидкие. Каждый из этих видов имеет как свои достоинства, так и недостатки. В достижении наиболее выгодных экономических показателей в животноводческой отрасли важную роль играет правильное приготовление кормовой смеси. Кормовой рацион должен содержать определенный набор питательных веществ, полностью удовлетворяющий потребность организма животных. Для приготовления кормовых смесей используются различные технологии, зачастую, включающие в себя шесть и более операций для их получения. Современное оборудование для получения кормовых смесей для животноводства по своим эксплуатационным качествам не полностью отвечает возрастающим требованиям промышленности[2].

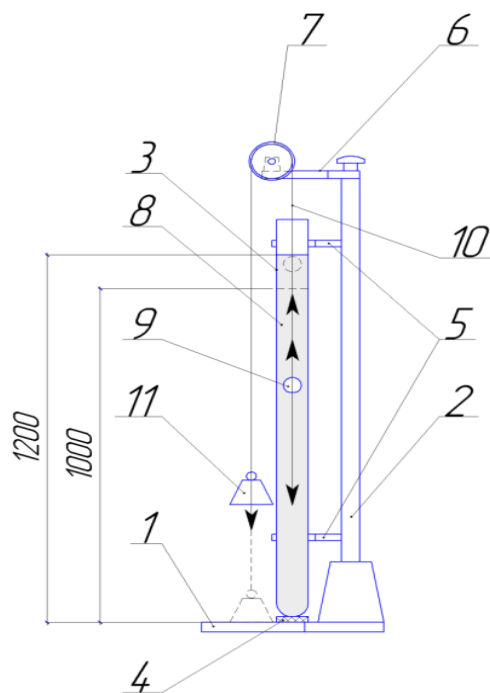
Цель работы. Проведение исследований по определению вязкости пастообразных кормовых смесей, полученных с помощью дисмембратора центробежно-роторного типа.

Для проведения исследований в лаборатории кормоприготовительных машин кафедры «Наземные транспортно-технологические системы» надисмембраторе «УПК-50» приготовлена пастообразная кормовая смесь, рисунок 1:



Рисунок 1 – Процесс приготовления пастообразной кормовой смеси

Исследования по определению вязкости проводились на приборе (рисунок 2) для определения вязкости, состоящем из основания 1 и вертикальной стойки 2, с закрепленной на ней стеклянной колбой 3. Колба опирается на основание через резиновую прокладку 4 и фиксируется двумя зажимами 5. На вершине стойки закреплен кронштейн 6, на котором установлен блок 7. В приборе использовался стальной шар массой 260,8г диаметром 39,8мм. Масса противовеса подбиралась таким образом, чтобы шар погружался вертикально, и не возникало соударений со стенками колбы прибора. Измерение вязкости производилось в процессе получения кормовой смеси путем отбора части суспензии из рабочего бака. После проведения измерений проба возвращалась обратно.



1 – основание; 2 – стойка; 3 – стеклянная колба; 4 – резиновая подкладка;
 5 – зажимы; 6 – кронштейн; 7 – блок; 8 – исследуемый образец; 9 – стальной шар; 10 –
 леска; 11 – противовес

Рисунок 2 – Конструкция прибора для определения вязкости кормовой смеси

Для выявления зависимости вязкости от температуры смеси проба нагревалась до температуры 50°C, и заливалась в колбу вискозиметра. После проведения измерений образец некоторое время остывал до определенной температуры и измерения проводились вновь. Температура образца определялась с помощью инфракрасного пирометра АКПП - 9306.

В результате обработки данных получены графики зависимостей вязкости от влагосодержания и температуры смеси, рисунки 3 – 4:

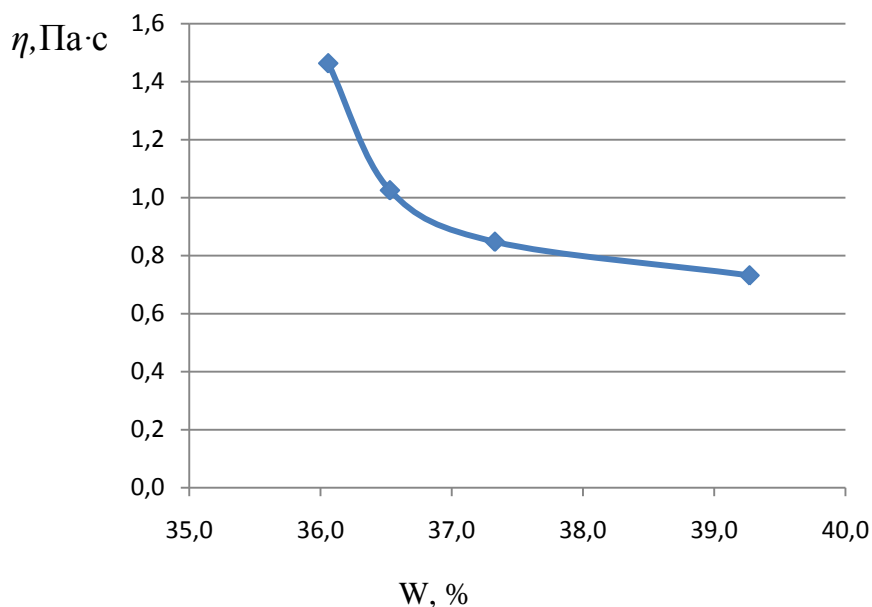


Рисунок 3 – Влияние влагосодержания на вязкость

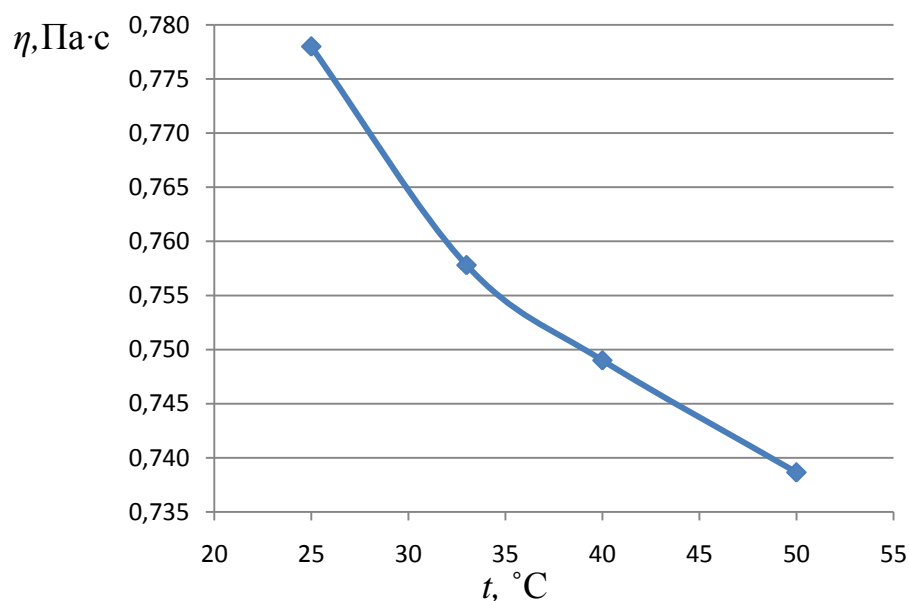


Рисунок 4 – Зависимость вязкости от температуры смеси при W=39 %

В результате проведения исследований выявлено, что при повышении количества влаги с 36 до 39 %, значения вязкости пастообразной кормовой смеси снижаются. А при понижении температуры с 50 до 25 °С значения вязкости возрастают.

Список литературы

1. Добрынин, В.А. Актуальные проблемы агропромышленного комплекса. – М.: МСХА, 2001. – 205с.
2. Зиггерс, Д. Эффективность – главное в кормлении [Текст]/ Д.Зиггерс // Комбикорма. – 2009. – №6. – С.33.

ВСТРЯХИВАТЕЛЬ ЦЕНТРОБЕЖНОГО СЕПАРАТОРА КАРТОФЕЛЕКОПАТЕЛЯ

Немытышев А.Ю. – студент, Дрюк В.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Проанализировав существующую конструкцию центробежного сепаратора картофелекопателя, выявлен ее недостаток в том, что происходит недостаточная сепарация клубней картофеля.

Предложена конструкция сепаратора, который совершает сложное вращательно-поступательное движение, что способствует лучшему просеиванию почвы. Основным элементом данной конструкции является кулачок (рисунок 1), профиль которого приближен к форме синусоиды. На рисунке 2 изображены траектории движения сепарирующего органа – звезды, и траектория движения частицы пласта. Проанализировав график установлено, что в определенной точке имеют место быть наибольшие значения силы инерции, направленные в сторону движения частицы, которые стремятся нарушить контакт частицы с сепаратором. Когда ускорение превышает $9,81 \text{ м/с}^2$ частица переходит в стадию полета, после чего, падая на сепарируемый орган с ускорением, комки почвы разрушаются и просеиваются сквозь прутки сепаратора. Через некоторый промежуток времени пласт снова подбрасывается и повторяется процесс его разрушения и сепарации.

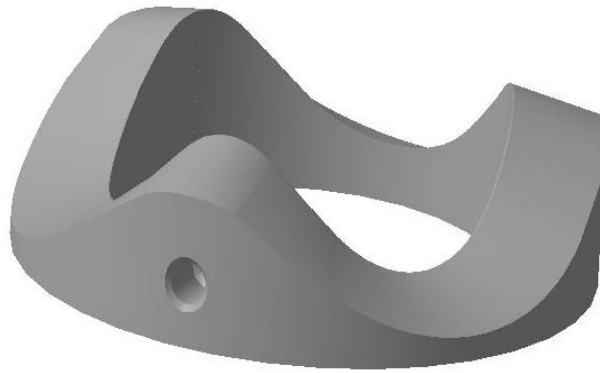


Рисунок 1 – Пространственная модель кулачка встряхивателя

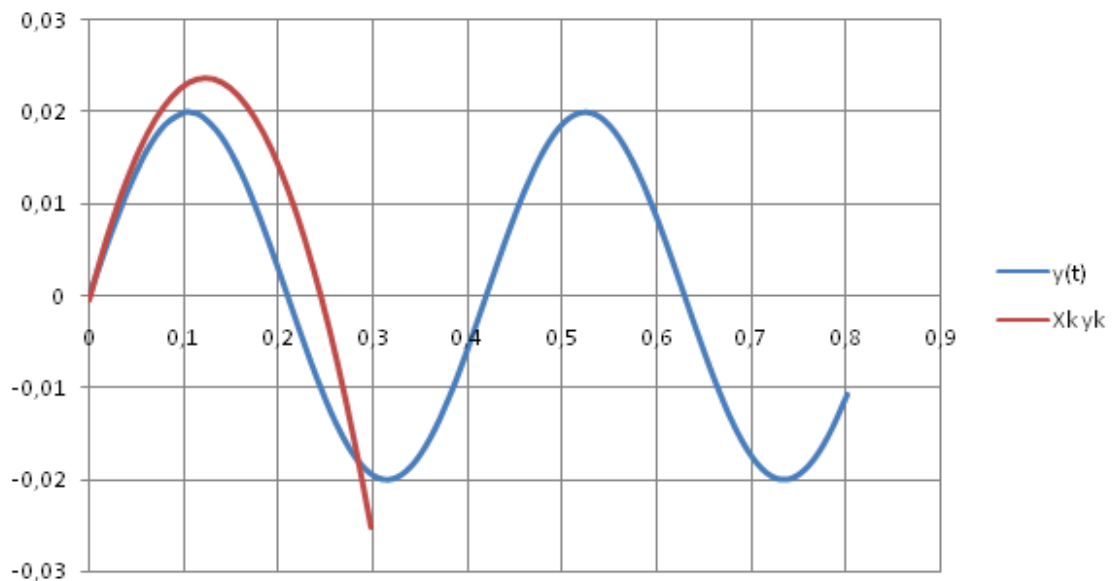


Рисунок 2 - График перемещения поверхности сепаратора и частицы пласта в вертикальном направлении

Уравнения траектории полета частицы пласта построены при следующих условиях:

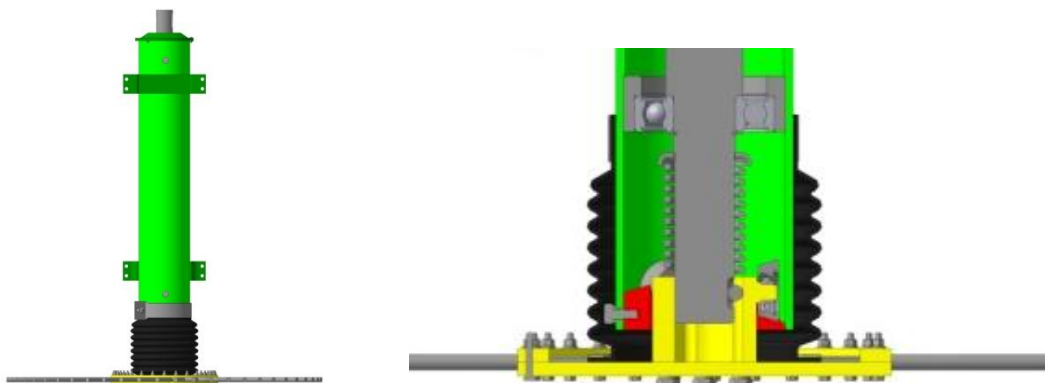
- $\omega=10$ рад/с – угловая скорость сепаратора;
- $A=0,02$ м – амплитуда колебания встряхивателя;
- $r=0,35$ м – радиус сепаратора;
- $\nu=3$ – количество колебаний встряхивателя за 1 оборот;
- $n=100$ об/мин;
- $t=0...1$ с – время построения.

Закон движения точки:

$$x(t)=\omega \cdot r \cdot t$$

$$y(t)=A \cdot \sin(\omega \cdot t \cdot 3)$$

Сепаратор состоит из вала, смонтированного на нем сепарирующего рабочего органа просеивающего типа, в виде звезды из прутков, и встряхивающего устройства, представляющего собой ступицу с 3-мя роликами, которые, перекатываясь по поверхности кулачка, передают звезде возвратно-поступательное движение вдоль оси вала. Частота колебаний звезды составляет 300 колеб./мин. Кулачок изготавливается из трубы D 108x14 ГОСТ 8734-75 и с помощью фрезерного станка с ЧПУ изготавливается профиль рабочей поверхности.



1-вал; 2-корпус; 3-подшипник; 4-звезда; 5-ступица; 6-кулачек; 7-ролик; 8-пружина; 9-гофра.

Рисунок 1- Центробежный сепаратор и встряхиватель

Сепаратор работает следующим образом: в процессе движения картофелекопателя лемеха подрезают пласт почвы с клубнями, пласт движется по лемеху и сходит на сепарирующий орган центробежного типа – звезду. За счет вращательно-поступательном движении звезды, приводимой в движение через понижающий редуктор от ВОМ трактора, с частотой вращения 100 об/мин., почва просеивается между пальцами звезды. Затем картофель с остатками почвы поступает на вторую звезду где почва окончательно просеивается и клубни укладываются на поверхность поля.

Список литературы

1. Дрюк В.А., Рахманов С.С. Многофункциональный подкапывающий орган картофелеуборочного комбайна. [Текст]: Материалы 67-й научно-технической конф. студентов, аспирантов и профессорско-препод. состава техн. университета, посвященной 200-летию транспортного образования в России. Часть 2/Алт.гос. техн. Ун-т им.И.И.Ползунова. – Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2009. С 97-99.

2. Дрюк В.А., Сороченко С.Ф. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕРНОВОГО ВОРОХА С ДИНАМИЧЕСКИМ РАЗРАВНИВАНИЕМ ПО РЕШЕТУ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ЗЕРНОКОМБАЙНА [Текст]: Вестник Донского государственного технического университета. 2008. Т. 8. № 2 (37). С. 113-119.

АНАЛИЗ ТЯГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАКТОРОВ ПРИ АГРЕГАТИРОВАНИИ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПОСЕВНОГО КОМПЛЕКСА

Поляков А.В. – студент, Гриднев С.А. – студент, Самойлов К.В. – студент, Федоряев М.С – студент, Суворов С.А. –аспирант, Сороченко С.Ф. – к.т.н., профессор, Одинцов В.К. – инженер, Терехин С.В. – инженер, Коростелев С.А. – к.т.н., доцент, Дрюк В.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время большое распространение имеют технологии обработки почвы No-Till, Mini-Till, Strip-Till, имеющие ряд преимуществ по сравнению с традиционной обработкой. Данные технологии реализуются с использованием широкозахватных посевных комплексов (ППК). При проектировании ППК одним из основных критериев является тяговое сопротивление комплекса, на основании которого производится подбор трактора.

Основными параметрами при проектировании ППК приняты: ширина захвата – 9,0 м; скорость обработки – не менее 10 км/ч; способы обработки - посев по стерне, посев по подготовленной пашне до 0,08 см; культивация до 0,16 м; обрабатываемые типы почв –

почвы всех зон Алтайского края. Рабочие органы, установленные на ППК, выполнены в виде стрелчатой лапы или долотообразного сошника.

Подбор трактора выполнен с помощью программы «Тяговый расчет трактора (TractorSolvar)» [1]. При определении характеристик тракторов использованы работы [2-5].

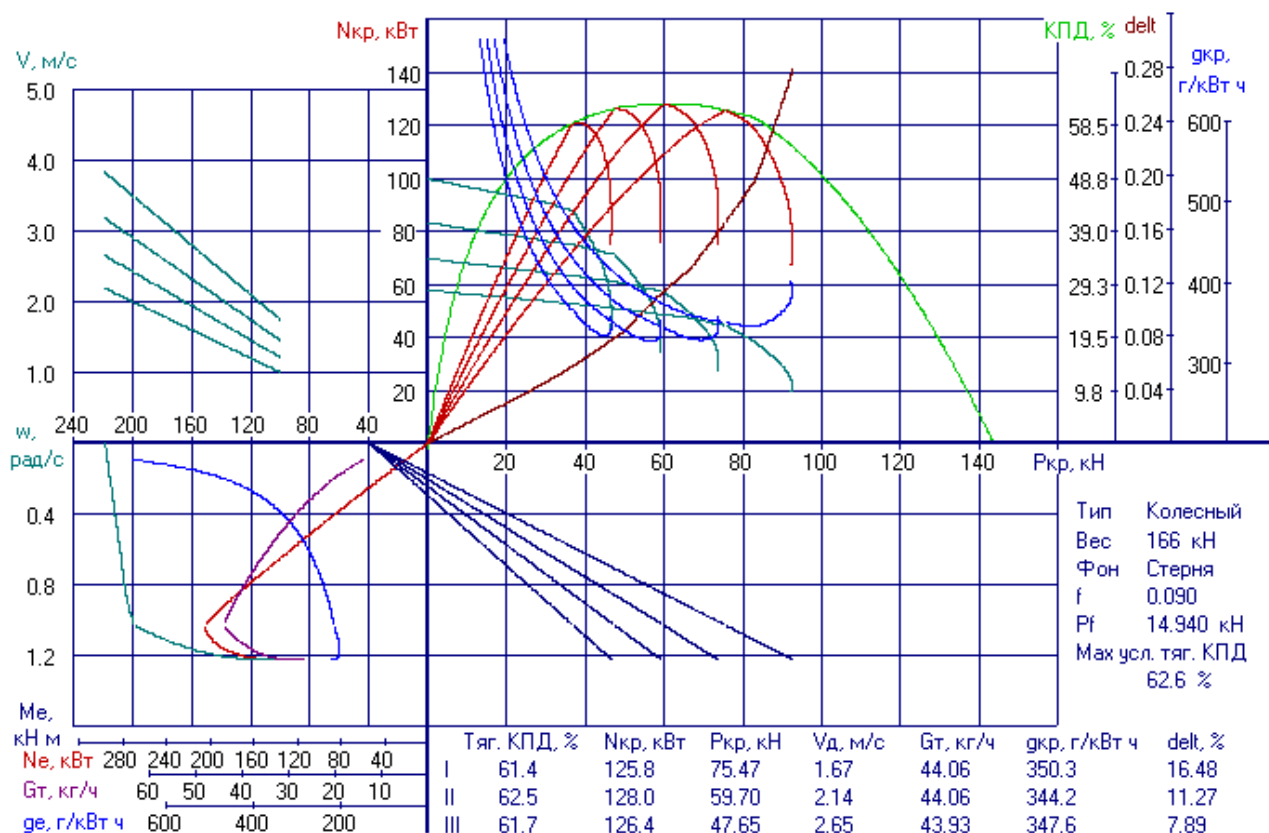


Рисунок 1- Диаграмма теоретической тяговой характеристики трактора K701-ЯМЗ-240БМ2-220 кВт. Фон – стерня, обработка - посев, учтена догрузка трактора весом посевного комплекса, вес комплекса 100 %, учтена мощность, отбираемая на привод вентилятора (15 кВт)

По диаграмме можно определить:

- тяговый КПД трактора при работе на различных передачах;
- диапазон тяговых усилий и скоростей движения, в пределах которого трактор может быть наиболее эффективно использован;
- тяговую мощность и тяговое усилие, которые может развивать трактор на каждой передаче;
- скорость трактора на различных передачах и нагрузках;
- запас тягового усилия, определяющий возможность преодоления трактором временного увеличения сопротивления движению без перехода на низшую передачу;
- сцепные качества трактора.

Анализируя полученные тяговые характеристики, получена оценка тягово-экономических показателей тракторов при работе с посевным комплексом в диапазоне скоростей 7 – 13 км/ч (1,9 – 3,71 м/с).

Оценка возможности работы машинотракторного агрегата произведена по рекомендованному критерию КПД работы трактора (45-50 %) в зависимости от тягового сопротивления, скорости и соответствующей этой скорости передачи трактора.

Проведена оценка работы посевного агрегата (энергетическое средство + посевной комплекс) в зависимости от агрофона для тракторов тяговых классов от 3 до 8.

Таблица 1 - Показатели работы посевного комплекса в зависимости от агрофона для тракторов 3-8 тяговых классов

Вариант обработки почвы	Тяговый класс				
	3	5	6	8	8
	Т – 150 К 120кВт	К -701 220кВт	К -744Р2 257кВт	К -744Р3 287кВт	К -744Р4 308кВт
Ширина захвата – 9,06 м, рабочие органы – стрельчатые лапы					
1	1,6/ 1 / 57	2,2/ 2 / 55	2,5/ 2 / 55	2,8/ 3 / 50	3,5/ 4 / 60 3,0/ 3 / 47
2	1,7/ 1 / 55	2,5/ 3 / 55	3,1/ 3 / 55	3,4/ 4 / 59 2,9/ 3 / 45	3,7/ 4 / 54
3		1,8/ 1 / 45	2,1/ 1 / 45	2,5/ 2 / 50	3,0/ 3 / 55
4		2,7/ 3 / 55	2,8/ 3 / 55	2,9/ 3 / 45	3,4/ 4 / 57 3,0/ 3 / 47
5		2,0/ 2 / 55	2,3/ 2 / 54	2,4/ 2 / 52	2,8/ 3 / 55

Комментарии к таблице:

№1 – посев по стерне, дерново-подзолистая почва, глубина посева – 0,08м, удельное сопротивление почвы $q=12,8$ Н/см;

№2 – посев по стерне, почва - чернозем, глубина посева – 0,08м, $q=8,8$ Н/см;

№3 – посев по обработанному полю, глубина посева – 0,08м, $q=6,9$ Н/см;

№4 – культивация, агрофон – стерня, почва дерново-подзолистая, $q=23,5$ Н/см, глубина обработки – 0,12 м;

№5 – культивация, агрофон – стерня, почва - чернозем, $q=34,3$ Н/см, глубина обработки – 0,16 м.

Оценка работы трактора:

1,8/ 1 – работа машино-тракторного агрегата со скоростью менее 7 км/ч (1,94 м/с);

2,3/ 3 – работа машино-тракторного агрегата со скоростью 7...10 км/ч (1,94...2,78 м/с);

3,3/ 4 – работа машино-тракторного агрегата со скоростью более 10 км/ч (более 2,78м/с);

/ 50 – оптимальный режим работы двигателя трактора, КПД=45...55%;

/ 58 – возможна работа трактора в режиме перегрузки, КПД более 55%;

/ 36 – работа трактора в режиме экономической неэффективности (недогруз), КПД менее 45%.

Выводы

1) По тяговому классу 3 (трактор Т – 150К):

в диапазоне скоростей 7 -10 км/ч (1,94 – 2,8 м/с) трактор обеспечивает стабильную работу ППК не по всем пунктам описываемых операций и комплектаций; в диапазоне скоростей свыше 10 км/ч трактор не соответствует заявленному.

2) По тяговому классу 5 (трактор К – 701):

в диапазоне скоростей 7 -10 км/ч (1,94 – 2,8 м/с) трактор обеспечивает стабильную работу ППК почти по всем пунктам описываемых операций и комплектаций; не обеспечивает посев с культиваторными лапами по вспаханному полю из-за больших сопротивлений на перекачивание трактора и ППК; в диапазоне скоростей свыше 10 км/ч работа трактора с ППК работает в комплектации с долотообразными сошниками.

3) По тяговому классу 6 (трактор К – 744Р2):

трактор обеспечивает работу ППК на скоростях свыше или близкими к 10 км/ч во всем диапазоне вариантов комплектаций и режимов посева и культивации.

4) По тяговому классу 8 (трактор К –744Р3):

трактор обеспечивает работу ППК на скоростях свыше или близкими к 10 км/ч во всем диапазоне вариантов комплектаций и режимов посева и культивации; следует отметить, что в двух вариантах при работе с центральной секцией, трактор работает в режиме недогруза.

5) По тяговому классу 8(трактор К –744Р4):

практически во всех вариантах комплектации и режимах посева и культивации трактор работает в режиме недогруза.

Список литературы

1. Коростелев, С.А. Тяговый расчет трактора (TractorSolvar) / С.А. Коростелев//Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2004611126 от 06.05.04

2. Тракторы: Теория: учебник для студентов вузов по специальности «Автомобили и тракторы»/ В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов и др.; Под.общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.

3. Петербургский Тракторный Завод. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://kirovets-ptz.com/rus/catitem/1/kirowets_serii_k-744r.html.

4. ПитерТрак. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pitertrak.ru/tractors/k744/p05>.

5. ТракторРемСервис. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://traktor-rem-servis.ru/index3.htm>.

ОЦЕНКА КОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА, РАБОТАЮЩЕГО НА СКЛОНАХ

Самойлов С.С. – студент, Сороченко С.Ф. – к.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Актуальность.

Уборка зерновых культур на склоновых участках выполняется в основном зерноуборочными комбайнами 3-4 классов базовой (равнинной) конструкции. Система очистки в этих условиях становится лимитирующим рабочим органом из-за «стекания» зернового вороха в сторону уклона, что приводит к возрастанию потерь зерна.

На кафедре НТТС АлтГТУ разработана модель сепарации зерна, позволяющая выполнить оценку работы системы очистки зерноуборочного комбайна при различных уклонах молотилки [1]. Расчёт потерь зерна за системой очистки по модели выполняется с учетом коэффициента вариации распределения зернового вороха по поверхности транспортной доски и верхнего решета, который зависит от количества и высоты продольных гребёнок, установленных на транспортной доске, подачи зернового вороха, величины уклона, ширины решета. Толщина слоя зернового вороха рассчитывается на каждом участке транспортной доски по всей ширине.

Цель работы – разработка программы по расчёту потерь зерна за системой очистки по предлагаемой модели.

Описание программы.

Программа «Расчёт параметров системы очистки при поперечном крене зерноуборочного комбайна» [2] разработана на языке Java, среда разработки - NetBeans 8.0.1, операционная система – Windows.

Исходными данными являются: пропускная способность комбайна; ширина молотилки; угол поперечного крена молотилки; конструктивные параметры системы очистки (длина и ширина верхнего решета, ширина транспортной доски, количество и высота продольных гребёнок, установленных на транспортной доске); средняя скорость зернового вороха; коэффициенты, характеризующие работу системы очистки и молотильно-сепарирующего устройства зерноуборочного комбайна. Пропускная способность ограничена интервалом от 5

до 7 кг/с (для зерноуборочных комбайнов 3-4 классов). Конструктивные параметры верхнего решета и транспортной доски (длина и ширина решета, ширина транспортной доски, количество и высота продольных гребёнок на транспортной доске) также ограничены параметрами указанных классов комбайнов. Для уточнения условий работы системы очистки введены коэффициенты: μ - сепарации зерна; β – характеризующий содержание соломы в хлебной массе; k – характеризующий перебиваемость соломы в молотильном устройстве; k_1 и k_2 – характеризующие распределение зернового вороха на верхнем решете [1].

Выходными параметрами являются: высота слоя зернового вороха; коэффициент вариации толщины зернового вороха; сход зерна с решета очистки (потери зерна). Программа выполняет визуализацию распределения зернового вороха при поперечном крене молотилки зерноуборочного комбайна (кнопка «Расчёт статического значения»), выводит графики зависимостей (кнопка «Расчёт значений в динамике») коэффициента вариации V зернового вороха и потерь зерна P от подачи зернового вороха q , длины решета очистки L , количества m и высоты h перегородок, угла поперечного крена α молотилки зерноуборочного комбайна.

На рисунке 2 представлено диалоговое окно ввода исходных данных и вывода результатов расчёта в виде графика зависимости $F=f(\alpha)$. На рисунке 1 представлен фрагмент диалогового окна с визуализацией распределения зернового вороха, поступающего на верхнее решето.

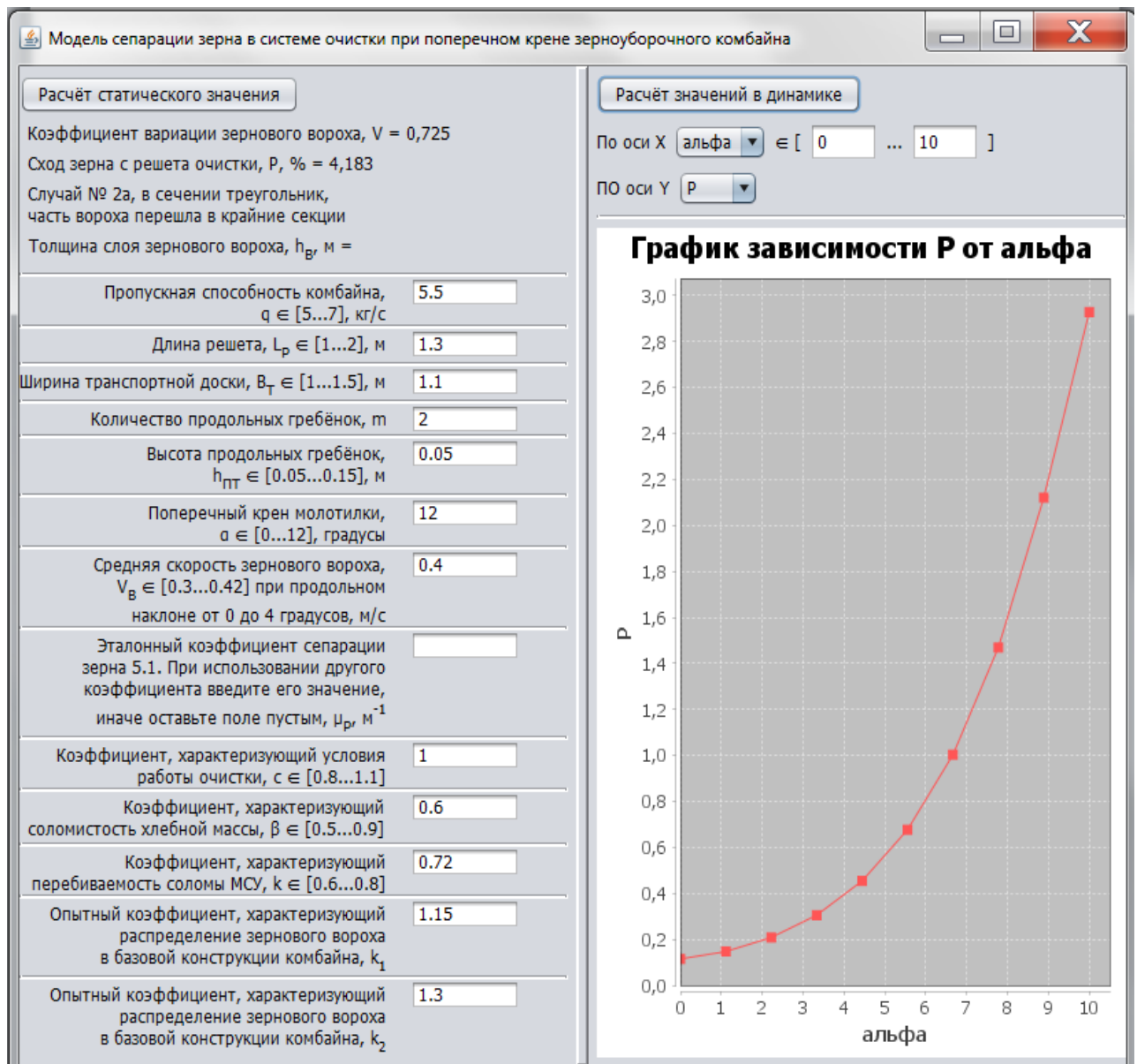


Рисунок 2 – Диалоговое окно программы

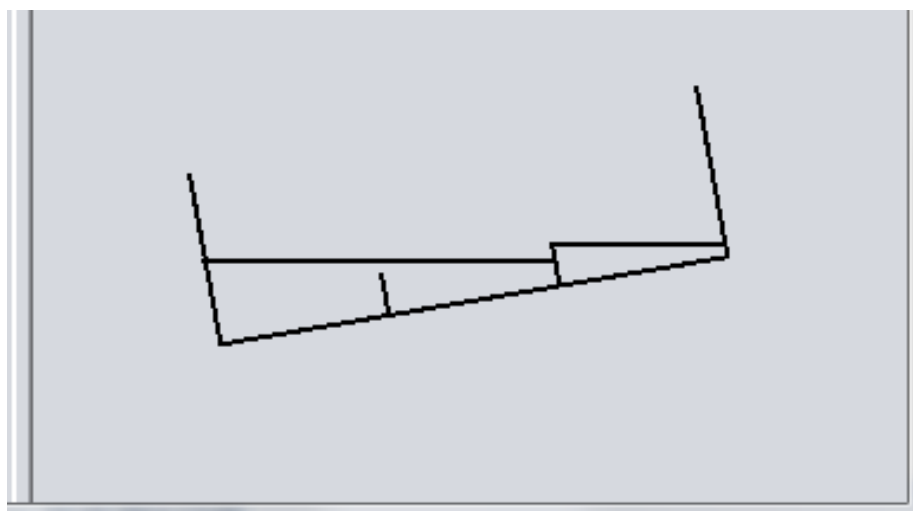


Рисунок 1 – Фрагмент диалогового окна с визуализацией распределения зернового вороха

Список литературы

1. Сороченко, С.Ф. Модель сепарации зерна в системе очистки при поперечном крене зерноуборочного комбайна / С.Ф. Сороченко/ Ползуновский вестник, 2014.-№4/2 . - С. 64-69.
2. Расчёт параметров системы очистки при поперечном крене зерноуборочного комбайна [Текст]: свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ №2015610315 / Сороченко С.Ф., Самойлов С.С.; правообладатель АлтГТУ. – дата гос. регистрации – 12.01.2015.

СЕЯЛКА С СИСТЕМОЙ ВНЕСЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВЛАГОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ КОМПОЗИЦИИ

Уфимцев Е.В. – студент, Суворов С.А. – аспирант, Дрюк В.А. –к.т.н., доцент,
Сороченко С.Ф. – к.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Известна сеялка-культиватор (СКП-2.1) зернотуковая предназначенная для полосного посева семян зерновых и зернобобовых культур полосой 18-20 см с одновременной предпосевной культивацией, внесением минеральных гранулированных удобрений и полосным прикатыванием почвы после посева на стерневых и безотвальных стерневых фонах, а также для культивации паров. Авторами предлагается оборудовать сеялку системой внесения питательной влагоаккумулирующей композиции (ПВК) для возможности ее эффективной работы на песчаных почвах, подверженных эрозии.

Технический результат – равномерное внесение каждым сошником сеялки ПВК.

Достигается это установкой бака и перистальтического насоса для подачи удобрения одновременно с посевом. Насос представляет собой блок шлангов, опирающийся на подпружиненную стенку “Трек”, по которой прокатываются ролики, создающие перистальтический эффект, посредством которого ПВК проталкивается по шлангу и перекачивается из бака к сошнику. Насос выбран из следующих соображений: простота конструкции, надежность, низкая цена изготовления, уверенная работа с данным видом жидкости. В результате анализа конструкций было решено использовать данный тип насосов, так как он больше других отвечает необходимым требованиям.

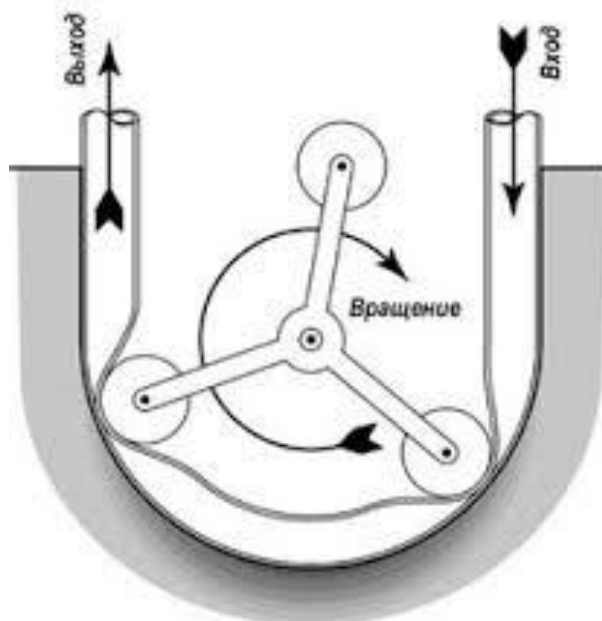


Рисунок 1 - Схема работы насоса

Как видно на схеме (рисунок 1) в насосе отсутствуют трущиеся пары требующие уплотнения, что является плюсом при работе с абразивными жидкостями, которую и представляет собой перекачиваемый состав ПВК. Также насос обеспечивает точное дозирование и равномерную подачу без пульсаций и разрыва потока перекачиваемого вещества.

Основным рабочим органом насоса является шланг (рисунок 2). Перистальтический эффект создается благодаря перекачиваемым по шлангу роликам свободно вращающимся вокруг своей оси, это увеличивает срок службы шланга, и подпружиненного трека служащего опорой. Трек крепится к несущей конструкции по типу качели, что позволяет в случае попадания в шланг или на его поверхность крупных частиц (камней, комков) демпфировать. Поворот трека вокруг оси его крепления к механизму “качели” ограничивается тросиками заданной длины, которые не позволяют пружинам соскочить с бобышки крепления. Усилие поджатия трека регулируется болтами, установленными внутри пружин и имеющими на торце опорные площадки.

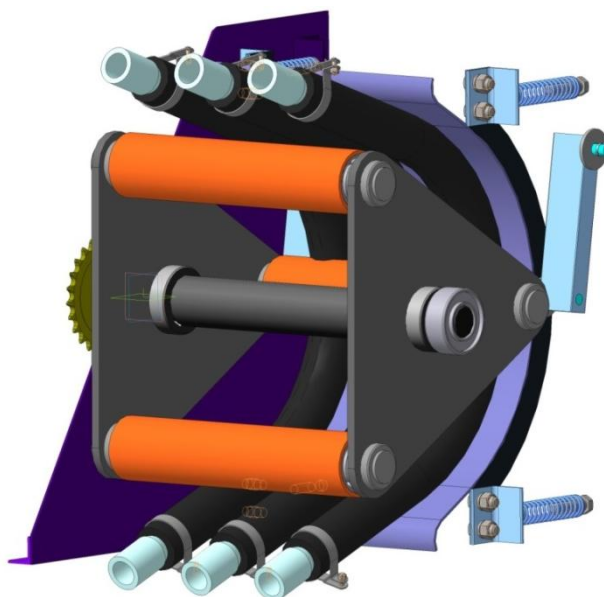


Рисунок 2 – 3D- модель предлагаемого насоса (правая стенка исключена)

Список литературы

1. Шишин, М.Ю. Алтай трансграничный: пути международной интеграции и устойчивого развития /М.Ю. Шишин, А.В. Иванов, М. Нурланбек [и др.] - М.: Институт устойчивого развития Общественной палаты Российской Федерации, Центр экологической политики России, 2013.– 86 с.
2. Устройство для приготовления гомогенизированных продуктов [Текст]: пат.на полезную модель 112646 Рос. Федерация: МПК В02С7/00 / Нефедов Е.Н., Ситников А.А., Нефедов К.Е., Камышов Ю.Н., Почтер С.В.: патентообладатель ООО «МИП СХМ АлтГТУ». – Заявка 2011132100/13; заявл. 29.07.2011; опубл. 20.01.2012.
3. Сороченко С.Ф., Дрюк В.А., Ситников А.А., Нефёдов Е.Н., Шишин М.Ю., Куцкий В.А., Томаровский А.А., Суворов С.А. Полевые испытания технологии рекультивации песчаных почв [Текст]. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 2 (112). С. 046-052.
4. Сороченко С.Ф., Дрюк В.А., Суворов С.А., Аврамчик Е.М., Странцов К.Н., Зерновая сеялка с дополнительным оборудованием для реализации технологии по рекультивации песчаных почв [Электр.изд.]. //Наука и молодежь – 2014: матер. 11 Всерос. Научн.-техн. Конф. //edu/secna.ru: сервер электр. научн. Журнала «Горизонты образования». – Вып. 16, Приложения, Секция «Наземные транспортные системы». – Барнаул: АлтГТУ, 2014.
5. Сороченко С.Ф., Дрюк В.А., Ситников А.А., Нефедов Е.Н., Шишин М.Ю.,Куцкий

В.А., Суворов С.А., Камышов Ю.Н. Технология рекультивации песчаных почв [Текст]//Ползуновский вестник. -2014.-Ч.4.-С 40-44.

6. Дрюк В.А., Камышов Ю.Н., Кондрух В.В. Разработка и исследование дисмембратора для приготовления гомогенизированных продуктов. [Текст]. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 11 (12). С. 134-138.

ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ КОЛЕСНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МАШИНОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Куприянов С.Е. – студент, Шестаков В.Ю. - студент, Поддубный В.И. - д.т.н., профессор Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Широкое распространение в сельском хозяйстве России получают системы точного земледелия, использующие спутниковые навигационные системы (GPS/ГЛОНАСС). Их применение позволяет обеспечить рабочее движение сельскохозяйственных машин без участия водителя с высокой точностью. Это позволяет уменьшить пройденный путь, повысить качество выполняемых работ, снизить расход топлива и психомоторные затраты механизатора на управление. На рынке широко представлена продукция компаний JohnDeer, Klaas, Trimble и других зарубежных компаний. Существенным недостатком импортных систем точного земледелия является их высокая стоимость для отечественных сельхозпроизводителей и то, что в большинстве случаев они не могут быть использованы на российской сельскохозяйственной технике вследствие несогласованности параметров (в частности тугое рулевое управление отечественных колесных тракторов) [1]. К сожалению, следует отметить отсутствие на российском рынке систем подруливания и автопилотирования отечественного производства. В Алтайском государственном техническом университете проводятся исследования, ставящие целью создание системы управления движением с использованием спутниковых радионавигационных систем, сопоставимых по своим характеристикам с зарубежными аналогами и более доступными по цене.

Одним из этапов создания системы управления движением является разработка конструкции электромеханического привода подруливающего устройства и проведение лабораторных испытаний для проверки его работоспособности. Были проведены лабораторные испытания, позволившие определить коэффициенты ПИД-регулирования управляющим напряжением электронного блока управления электродвигателя [2]. Для определения работоспособности электромеханического привода подруливающего устройства и разработанного регулирования были проведены эксперименты на стенде «рулевое управление - передняя подвеска легкового автомобиля». Подруливающее устройство должно обеспечивать поворот рулевого колеса трактора на угол, обеспечивающий максимальное приближение действительной траектории к задаваемой. Для определения текущих значений угла поворота управляемых колес на шкворне был установлен датчик угла поворота. Предварительно была проведена его тарировка, результаты представлены на рисунке 1. На стенде был проведен эксперимент, в ходе которого электромеханическая система управления должна была повернуть управляемые колеса по синусоидальному закону с амплитудой 10 градусов и периодом 10 секунд. Управление осуществлялось подачей низковольтного аналогового сигнала на вход электронного блока управления двигателя.

На рисунке 2 изображены зависимости задаваемого и реализованного углов поворота управляемых колес от времени, на рисунке 3 зависимость управляющего напряжения от времени. В целом следует отметить, что задаваемой закон поворота управляемых колес реализован с достаточной точностью. Отклонения реализованного угла от задаваемого не превышают 10 процентов за исключением начальной фазы поворота. В начальные моменты

времени расчетные значения управляющего напряжения превышают максимально возможное допустимое значения, равные 10 вольт. Соответственно в начальной фазе поворота не было реализовано необходимое значение крутящего момента на валу приводного электродвигателя. Лабораторные экспериментальные исследования подтвердили работоспособность электромеханической системы и позволили выявить и устранить недостатки в конструкции подруливающего устройства.

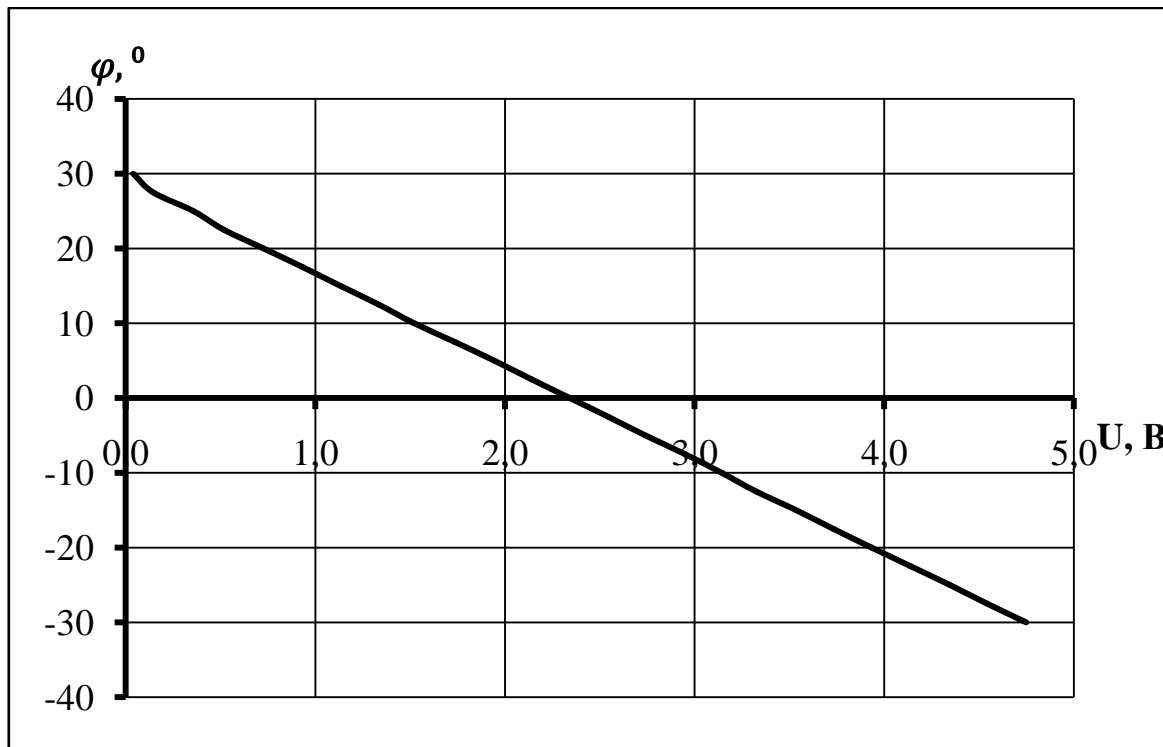


Рисунок 1 – Зависимость угла поворота управляемых колес от выходного напряжения измерительной схемы

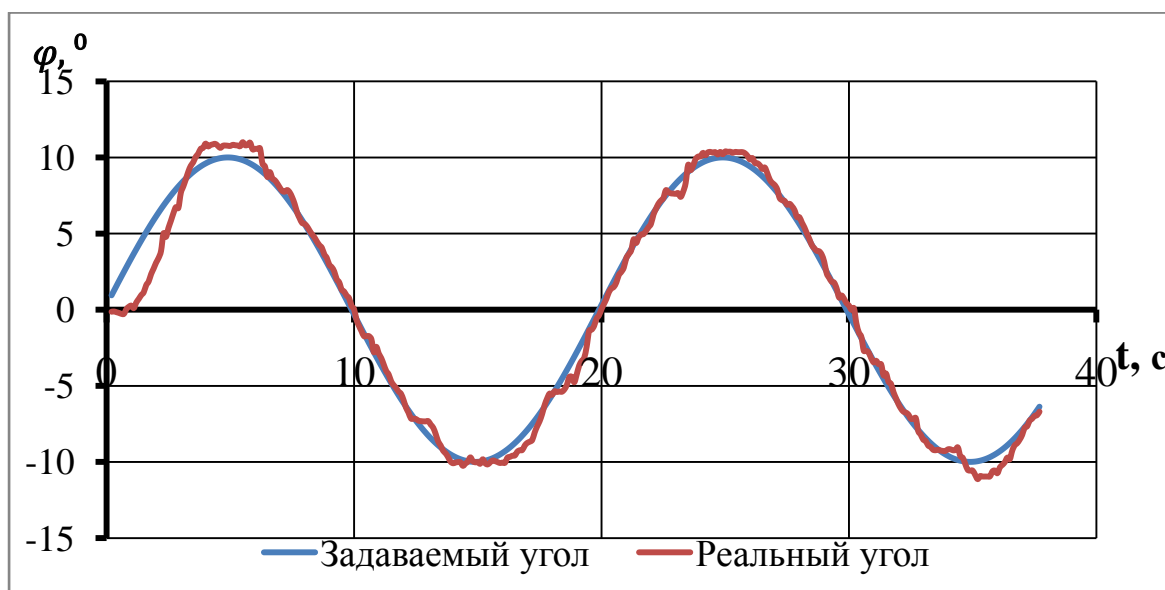


Рисунок 2 – Зависимости задаваемого и реализованного углов поворота управляемых колес от времени

С использованием спутниковых радионавигационных систем GPS -Глонасс были проведены полевые испытания электромеханической системы на колесном тракторе К-744Р2. Подруливающее устройство, установленное на рулевую колонку трактора, изображено на рисунке 4. Датчик угла поворота был жестко закреплен на вертикальном шарнире, соединяющем полурамы трактора. Для определения текущих координат трактора был использован навигационный приемник МНП-М7. С целью повышения точности определения координат была использована базовая станция, установленная в поле, и транслирующая с использованием сетей сотовой связи дифференциальные поправки (разности истинных и измеренных координат базовой станции) на приемник, установленный на кабине движущегося трактора [3].

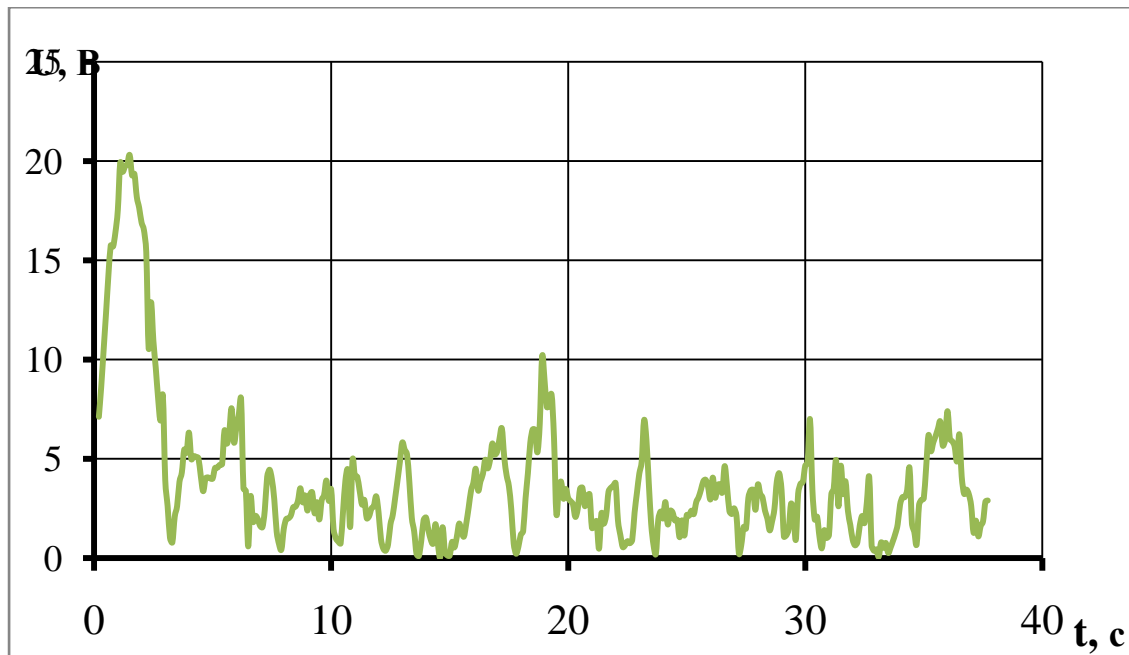


Рисунок 3 – Зависимость расчетного управляющего напряжения от времени



Рисунок 4 - Электромеханический привод подруливающего устройства (полевые испытания)

Управление движением осуществлялось с использованием программы «Навигатор», обеспечивающей пользовательский и аппаратный интерфейс электромеханической системы управления движением. На рисунке 5 изображено рабочее окно программы Navigator после окончания управляемого движения трактора по задаваемой прямолинейной траектории.

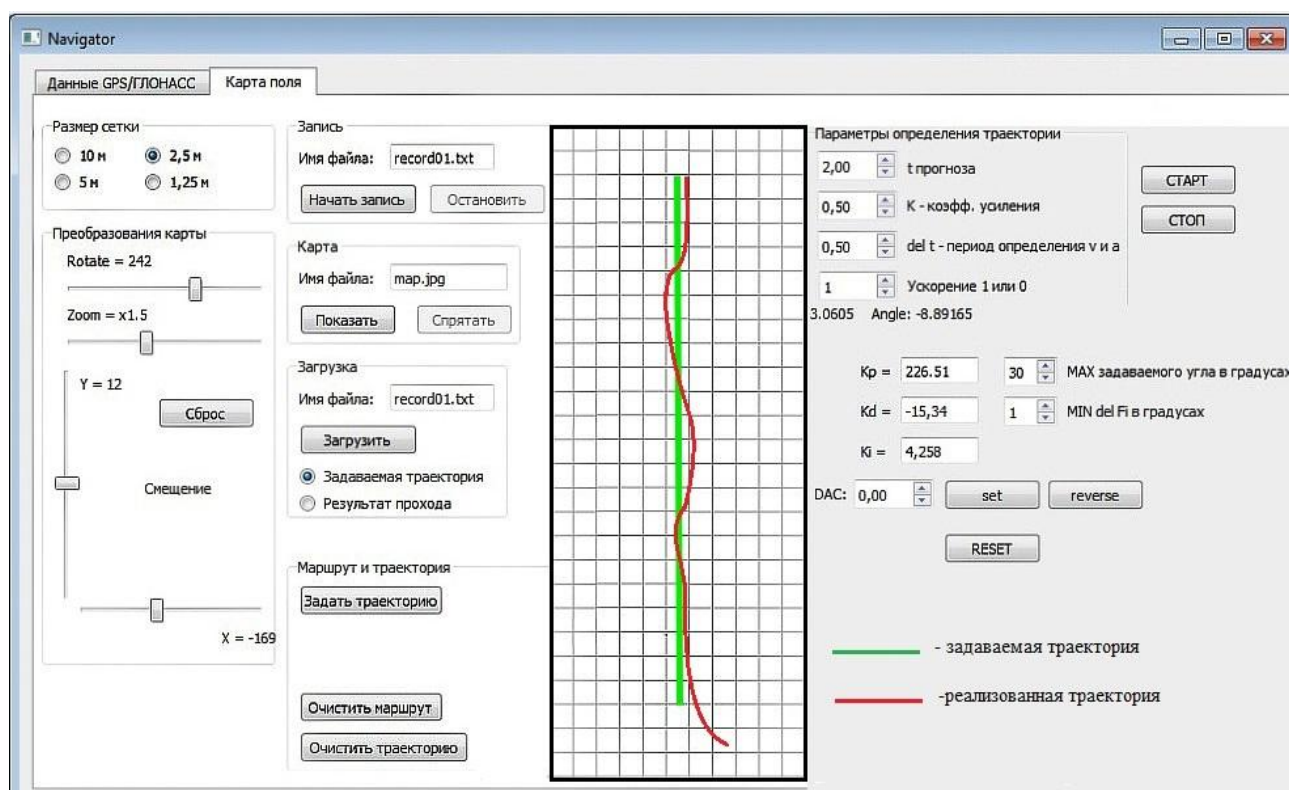


Рисунок 5 – Рабочее окно программы Navigator.

В целом полевые испытания подтвердили работоспособность основных узлов системы управления движением. Однако точность определения текущих координат оказалась недостаточной для использования системы управления при выполнении полевых работ, требующих дециметровую точность. В перспективе предполагается улучшить качество работы системы за счет повышения точности определения координат сельскохозяйственной колесной машины.

Список литературы

1. Березовский, Е. Внедрение технологий точного земледелия: опыт Тимирязевской академии [Текст] / Е. Березовский, А. Захаренко, В. Полин // Аграрное обозрение. - 2009. № 4. - С. 12- 17.
2. Куприянов, С.Е., Шестаков В.Ю., Поддубный В.И. Лабораторные испытания электромеханической системы управления движением колесной сельскохозяйственной машиной. Горизонты образования. Выпуск 16-Тезисы XI всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь» - секция «Наземные транспортные машины» - 2014 г. http://edu.secna.ru/media/f/transport_sistem_tez_2014.pdf
3. Зыков, Р.В., Поддубный В.И. Разработка программного обеспечения для системы определения точных координат движущегося объекта с применением спутниковых радионавигационных систем. Горизонты образования. Выпуск 16-Тезисы XI всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь» - секция «Информационные технологии» - 2014 г. <http://edu.secna.ru/media/f/povt2014.pdf>.

ВЫСЕВАЮЩАЯ СИСТЕМА ЗЕРНОВОЙ СЕЯЛКИ С ДИСТАНЦИОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ НОРМОЙ ВЫСЕВА

Сергейчук С.С. - аспирант, Бортников Д.И. - студент, Сороченко С.Ф. - к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Актуальность. Высевающие системы применяются в одной из самых важных агротехнических операциях – посеве семян. Задачи высевающих систем: произвести высев семян с соблюдением всех агротехнических требований; обеспечить нужную норму высева; обеспечить равномерное распределение семян в рядке; обеспечить одинаковую глубину заделки зерна на всем протяжении рядка и ширину междурядий; гарантировать заделку семян на всём протяжении рядка; снизить затраты на обработку и посев. Снижение затрат достигается уменьшением операций при посеве. В связи с этим получили большое распространение минимальная (Mini-till) и нулевая (No-till) обработка почвы.

Для обеспечения необходимой нормы высева семян используют различные способы регулирования оборотов вала высевающего аппарата: механический, гидравлический, электрический. Механический делится на два вида регулирования: ручное (набор шестерен с разным количеством зубьев) и, наиболее перспективное, автоматическое (использование бесступенчатых передач - вариаторов).

Цель работы – повышение эффективности работы зерновой сеялки.

Объект исследования – технологический процесс высева семян зерновых культур.

Для соответствия современным тенденциям построения посевных машин [1] предложена схема высевающей системы, представленная на рисунке 1.

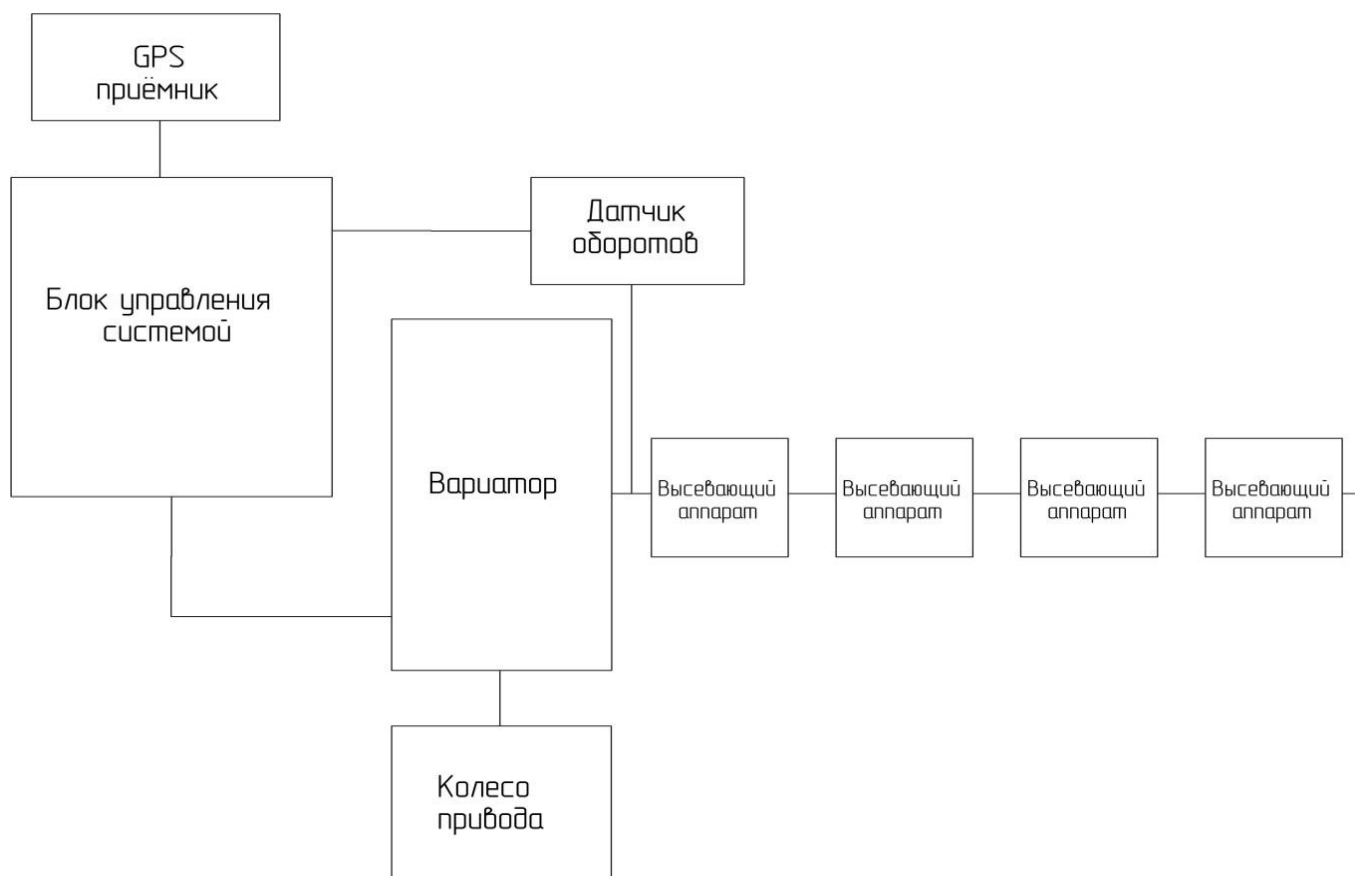


Рисунок 1- Структурная схема предлагаемой высевающей системы

Работа предлагаемой высевающей системы осуществляется следующим образом. При настройке высевающей системы в блоке управления устанавливаются норма высева в

зависимости от высеваемой культуры и рекомендаций агрономической службы хозяйства.

В карту памяти вводится почвенная карта, топографическая карта и карта урожайности поля, после чего определяется количество посева семян на каждом конкретном участке поля. При движении агрегата по полю посредством системы GPS (ГЛОНАСС) определяется положение агрегата на поле. В зависимости от нормы посева для конкретного участка поля производится изменение передаточного отношения от колеса к высевающему аппарату – производится дифференцированный посев семян.

Одним из основных звеньев предлагаемой системы является бесступенчатый вариатор.

Дальнейшие направления работы. Необходимо разработать бесступенчатый вариатор для предлагаемой высевающей системы.

Список литературы

1. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 22–23 октября 2014 г.). В 3 т. Т. 2. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства»; редколлегия: П. П. Казакевич (гл. ред.), С. Н. Поникарчик. – Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2014. – 268 с. [Электронный ресурс]. URL: http://belagromech.basnet.by/publications/scientific_conferences/konf_21_22_oct_2009_tom2.pdf (дата обращения: 10.03.2015 г.).

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ПРОФИЛЯ КУЛАЧКА ДЛЯ БЕССТУПЕНЧАТОГО ВАРИАТОРА

Бортников Д.И. – студент, Сергейчук С.С. – аспирант, Сороченко С.Ф. – к.т.н., профессор Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Актуальность. Бесступенчатые вариаторы находят широкое применение в машиностроении и позволяют регулировать передаточное отношение в широком диапазоне. Применение кулачка в вариаторе даёт возможность получить практически любой закон движения выходного звена.

Цель работы – построение профиля кулачка при условии обеспечения постоянной угловой скорости на некотором интервале угла поворота выходного звена.

Методика расчёта кулачка.

Исходными данными являются: размеры звеньев механизма, угловая скорость входного и выходного звеньев, интервал угла постоянной угловой скорости выходного звена.

Зададимся углом поворота выходного звена, на котором необходимо обеспечить постоянную скорость $\gamma = 80^\circ$, разобьём этот угол на равные промежутки (через 10°) и построим механизм в восьми положениях, разобьём механизм на группы Ассур.

Механизм бесступенчатого вариатора состоит из 5 звеньев (рисунок 1): 1 – кривошип ОА; 2 – шатун АВ; 3 – кулисный камень; 4 – коромысло ВД; 5 – кулиса. Звенья механизма образуют семь кинематических пар, из которых шесть вращательных и одна поступательная.

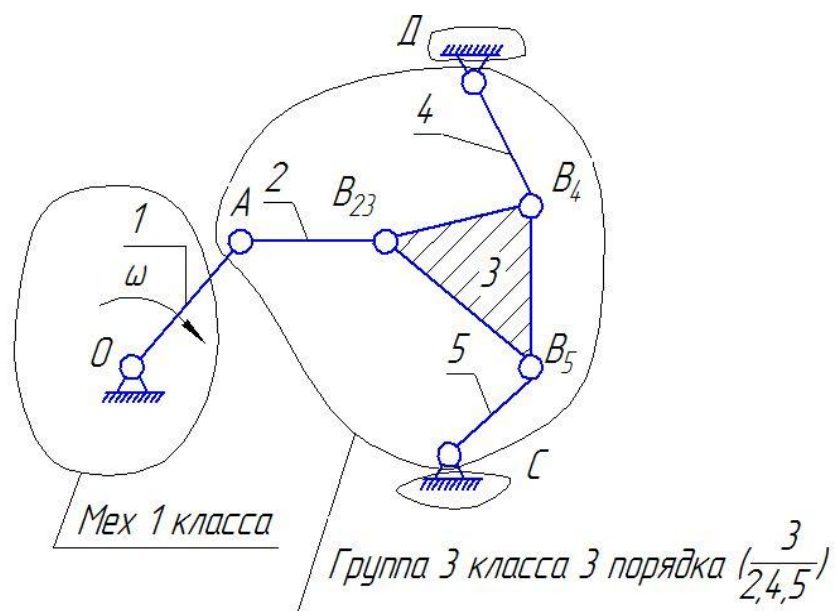


Рисунок 1 Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.-Структурная схема механизма

После этого необходимо построить планы скоростей для всех положений механизма. Примем частоту вращения вала кулачка $n=60 \text{ мин}^{-1}$, следовательно, время полного оборота кулачка и угловая скорость будут равны:

$$t_{об} = \frac{2 \cdot \pi}{\omega}, \text{ с}$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \text{ с}^{-1}.$$

Время поворота кулачка на 10^0 будет равно:

$$t_{10} = \frac{\varphi_{10}}{\omega},$$

а угол поворота

$$\varphi_{10} = \frac{10 \cdot \pi}{180}.$$

Зная время поворота вала кулачка на 10^0 и необходимую скорость в точке касания кулачка и кулисы, можем найти перемещение точки кулачка

$$S = V_x \cdot t_{10}.$$

Далее необходимо отложить это перемещение от начальной окружности, примем $d_n = 70 \text{ мм}$. Результаты расчёта сведём в таблицу 1.

Таблица 1- Расчёт кулачка при $n=60 \text{ мин}^{-1}$

Угол, 0 Показатель	10	20	30	40	50	60	70	80
$t_{10}, \text{ с}$	0,0278							
$V_x, \text{ м/с}$	0,149	0,150	0,145	0,136	0,126	0,113	0,099	0,085
$S, \text{ мм}$	4,14	4,17	4,03	3,78	3,50	3,14	2,75	2,36

График зависимости перемещения точки качания от угла поворота достаточно точно описывается полиномиальной зависимостью третьей степени, которая представлена на рисунке 2 (коэффициент корреляции Пирсона равен 0,9997).

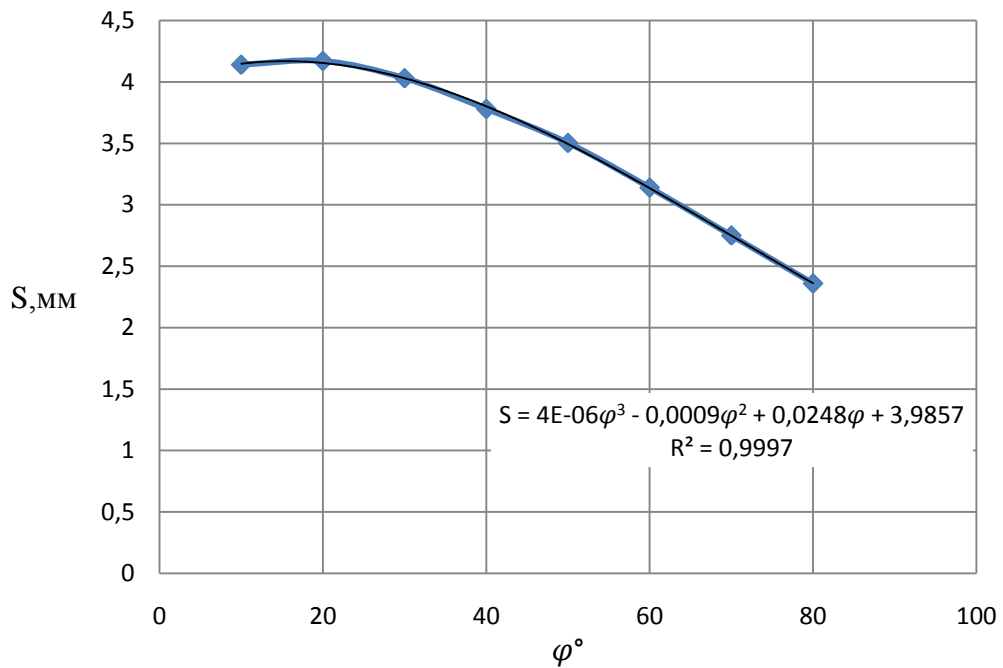


Рисунок 2-График зависимости перемещения от угла поворота

По полученным данным построен профиль кулачка (рисунок 3).

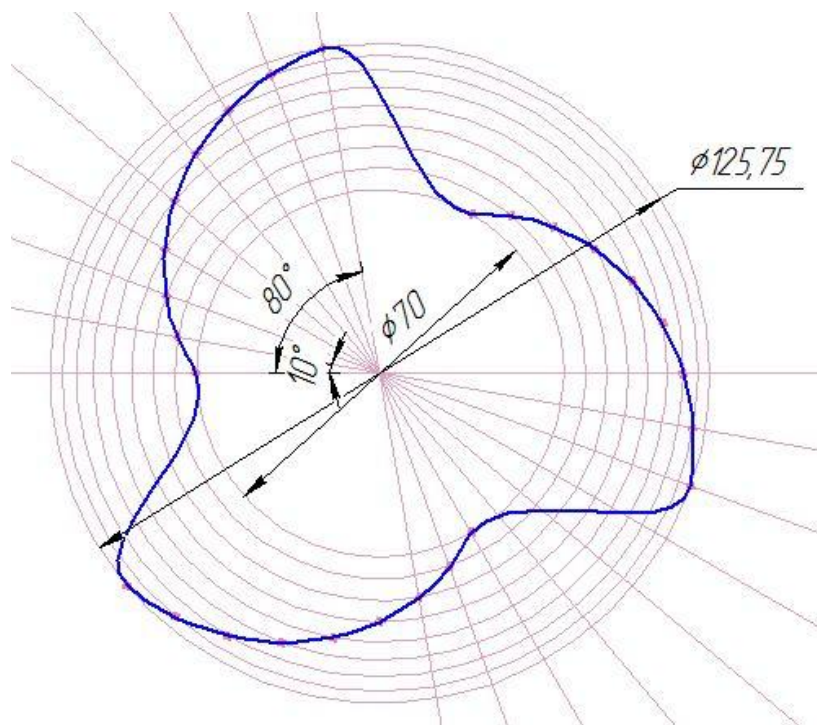


Рисунок 3 - Профиль кулачка.

Выводы

1. Установленная форма кулачка даёт возможность получения постоянной угловой скорости на угле поворота выходного звена 80° .
2. Для получения постоянной угловой скорости при полном обороте выходного звена необходимо применить несколько кулачков, смещённых относительно друг друга.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ АМОРТИЗАТОРА ДОЛОТООБРАЗНОГО СОШНИКА

Сушко Д.С. – студент, Поляков А.В.- студент, Макарова Н.А. – магистр,

Сороченко С.Ф. – к.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Актуальность. В настоящее время все большее применение находит посадка зерновых культур по технологии «No-till». При посеве по технологии «No-till» применяются долотообразные сошники. Сошник данной конструкции отличается особой способностью проникновения в почву, точным поддержанием глубины заделки семян при помощи опорно – прикатывающего колеса. Присоединение сошника с рамой выполняется при помощи резиновых амортизаторов. Это позволяет выдержать заданную глубину заделки семян даже с перепадами микрорельефа поля.

Цель работы – определение характеристик резинового амортизатора, применяемого в конструкции долотообразного сошника.

Методика расчёт амортизатора.

Расчет выполнен в программе конечно-элементного анализа AnsysR15.0 в модуле для прочностного расчета Mechanical.

Материал амортизатора – смесь резиновая 4326-1 ТУ 005216-99.

Анализ проведён по схеме, представленной ниже.

1. Создание геометрии модели. Модель была импортирована из системы Компас – 3D. Между поверхностями заданы необходимые контакты.

2. Создание сеточной модели.

3. Задание нагрузок модели и их направление.

4. Расчет.

5. Анализ результатов.

Результаты расчёта

В ходе выполнения приняты следующие допущения: для упрощения расчета из модели были исключены все элементы относящиеся к стойке и сошнику, а также элементы копирования рельефа. Результат расчёта представлен на рисунке 1.

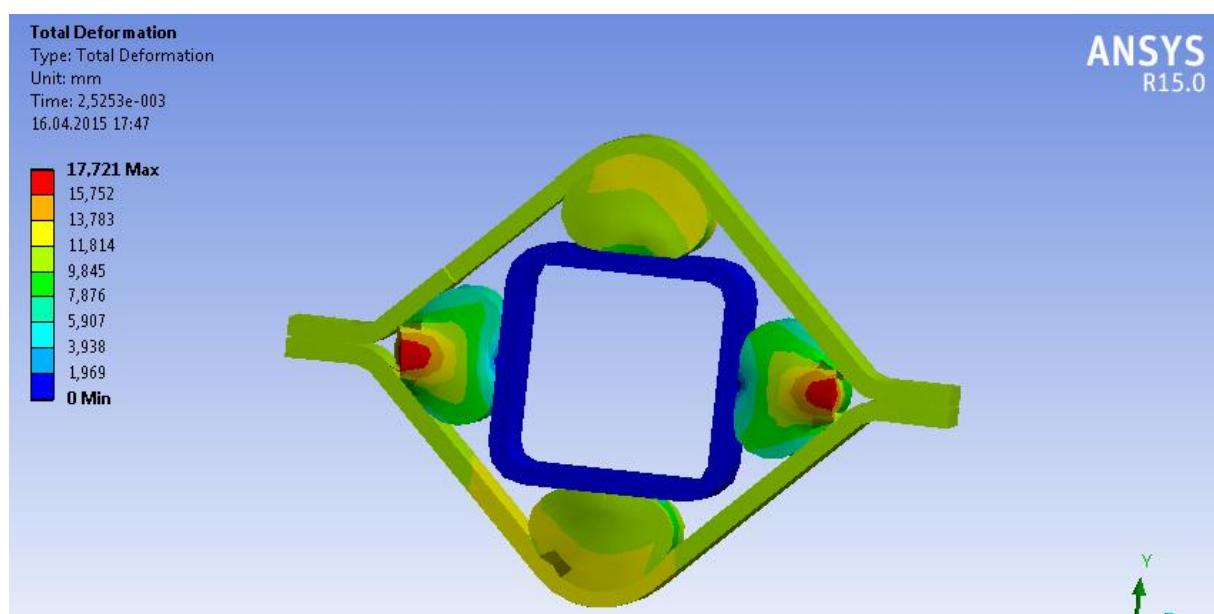


Рисунок 1 - Деформация амортизаторов

Наиболее нагруженными элементами являются амортизаторы, находящиеся в плоскости разъема механизма закрепления сошника на раме. Указанные амортизаторы будут более нагружены, что может привести к их усталостному разрушению.

В дальнейших исследованиях необходимо определить усилия, возникающие от деформации амортизаторов при движении опорно-прикатывающего колеса по неровному полю и возвращающие сошник в исходное положение.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЦЕНТРОБЕЖНО-РОТОРНОГО ДИСМЕМБРАТОРА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖИДКИХ КОРМОВ

Макарова Н.А. – аспирант, Ситников А.А. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Многие исследователи занимались проблемой эффективного производства жидких кормов. Актуальность данной темы обусловлена преимуществами кормления жидкими смесями по сравнению с другими типами. Так, применение жидких кормов позволяет повысить коэффициент усвояемости корма, а также автоматизировать процесс кормления.

Одним из устройств, хорошо зарекомендовавших себя в приготовлении жидких кормов, является дисмембратор. Дисмембратор – это устройство роторного типа, в котором один диск – ротор – вращается, а второй – статор – остается неподвижным.

Цель работы – Повышения эффективности процесса получения жидких кормов путем оптимизации конструктивных параметров центробежно-роторного дисмембратора. Оптимизация проводилась нейронной сетью.

Перед скармливанием зерно рекомендовано измельчать, так как при этом увеличивается площадь взаимодействия с пищеварительными ферментами в желудках животных, а значит, повышается усвояемость корма. Требование к гранулометрическому составу сформулировано, например, в [1,2]. Так, в [1] указано, что оптимальным размером частиц в кормах для свиней следует считать 600-700 мкм. В [2] указано, что содержание частиц с размером менее 1 мм должно составлять 75%. То есть эффективным считается мелкий помол корма (0,2-1 мм). При этом присутствие в корме пылевидных частиц диаметром меньше 0,2 мм. крайне нежелательно, так как приводит к слишком быстрому прохождению корма по желудочно-кишечному тракту и увеличивает риск развития язв у свиней.

Оптимальной температурой смеси считается 40°C. Это температура организма свиньи. Если использовать неподогретый корм, то для начала пищеварительного процесса ему нужно будет нагреться в желудке животного, а значит, будет тратиться часть питательных веществ, получаемых животным. Понятно, что между приготовлением и скармливанием корм транспортируют от цеха до кормушки. За это время происходит охлаждение корма, поэтому нагревать его следует выше оптимальной температуры. Доказано, что при нагреве 70°C и выше происходит образование спекшихся комочков корма. Поэтому допустимым признан диапазон нагрева корма от 40°C до 60°C.

Сформулируем задачу параметрической оптимизации. Основными выходными параметрами выберем следующие:

- средний диаметр частиц после помола (y_1 , мм);
- температура смеси (y_2 , °C).

Условия работоспособности следующие:

$$y_1=0.5\pm 0.3; y_2=40\pm 5.$$

Управляемые параметры следующие:

- 1) L_r – ширина ряда зубьев ротора;
- 2) Z – зазор между рядом зубьев статора и впадиной ротора, а также между рядом зубьев ротора и впадиной статора;
- 3) K_r – количество рядов ротора;
- 4) A – ширина зуба по внешнему краю;

- 5) B – ширина впадины по внешнему краю;
- 6) H_3 – высота зуба;
- 7) $H_{вп}$ – высота впадины;
- 8) G – угол заточки зуба;
- 9) P – зазор между статором и ротором.

Далее необходимо получить порядка 100 наборов данных, необходимых для обучения нейронной сети. Данная задача решалась следующим образом: так как провести натурных эксперимент на таком количестве вариантов установок не представляется возможным, проводился виртуальный эксперимент в среде AnsysCFX. В основе математической модели лежит система нестационарных уравнений Навье-Стокса в их консервативной форме. Уравнения Навье — Стокса — система дифференциальных уравнений в частных производных, описывающая движение вязкой ньютоновской жидкости.

Математическая модель решалась методом конечных объемов в среде AnsysCFX.

Были получены следующие результаты:

Для оценки модуля помола зернового материала нам понадобится проследить путь частицы и посчитать количество столкновений зерна с режущими элементами дисмембратора. Трек частицы представлен на рисунке 1.

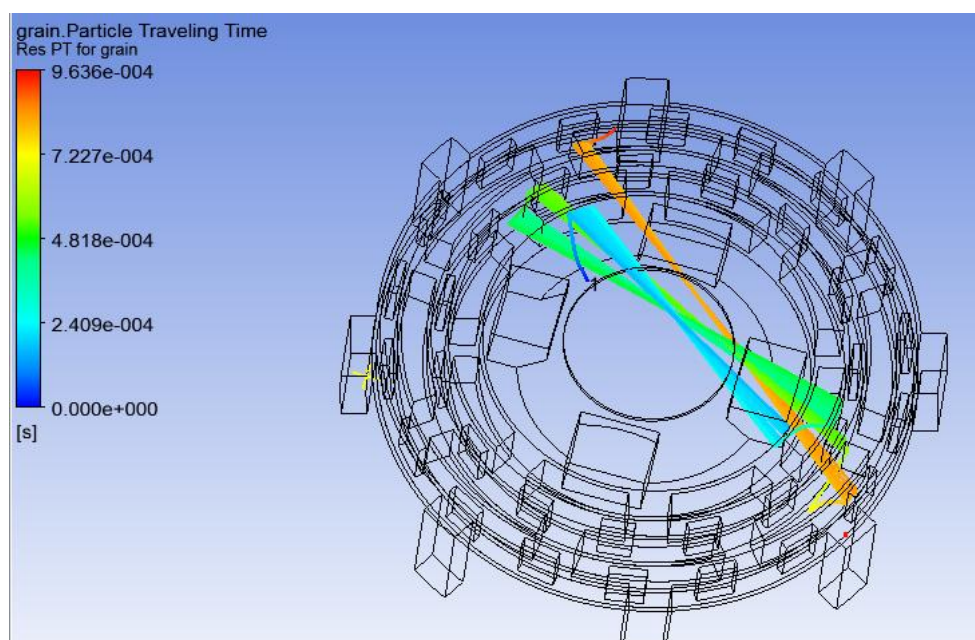


Рисунок 1 - Диаграмма времени движения частицы в каналах дисмембратора

Итоговый модуль помола равен 0.25 мм. Температура смеси равна 34.44°C (Рисунок 2).

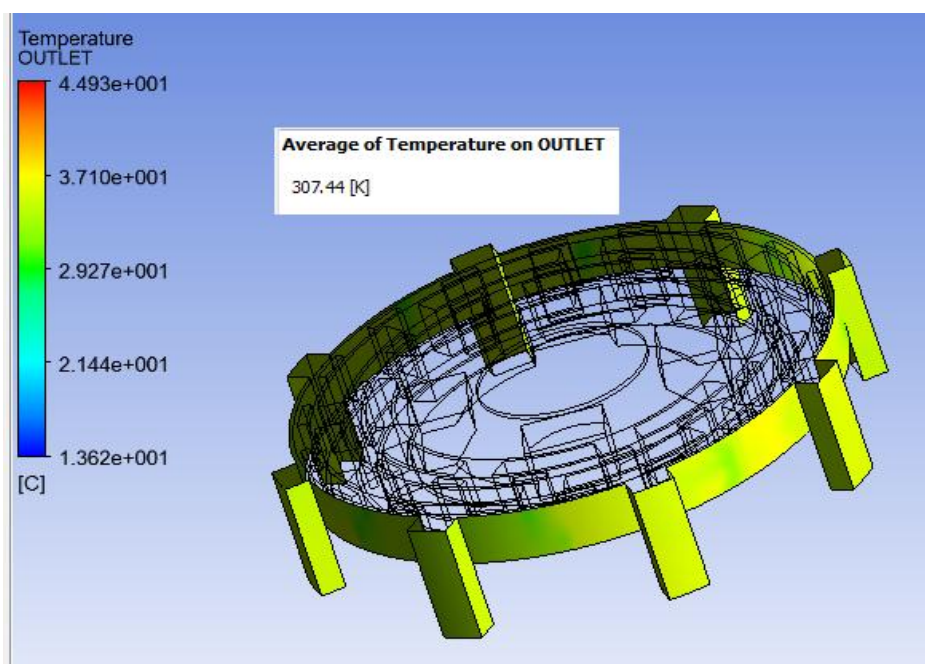


Рисунок 2 – Диаграмма температуры смеси

После применения нейронной сети были получены параметры оптимизированной модели рабочих органов дисмембратора, позволяющие достичь заданных целевых параметров.

Список литературы

1. Хондерд Х. Кормление жидкими кормами требует особого внимания / Перспективное свиноводство: Теория и практика, 2011, №2.
2. Губаев Х.Г., Тезиев Т.К., Оказов Т.А. Компьютеризация жидкого типа кормления свиней на откорме / Известия Горского государственного аграрного университета, 2012, т. 49, №3.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТОЛКНОВЕНИЯ ЧАСТИЦЫ С ПОДЛОЖКОЙ В ПРОЦЕССЕ ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ

Велигорский А.Н. - аспирант, Макарова Н.А. – аспирант, Яковлев В.И. – к.т.н., Ситников А.А. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Практическая реализация возможностей математического моделирования и вычислительного эксперимента существенно повышает эффективность современных разработок, особенно при создании принципиально новых, не имеющих прототипов материалов [1].

Вычислительный эксперимент позволяет оптимизировать ранние стадии проектных разработок, сравнить различные варианты проектных решений, снизить стоимость продукции, сократить цикл разработки, состоящей в изготовлении образцов-прототипов [2].

Технологии модификации поверхности играют большую роль в придании ей особых свойств путем нанесения покрытия. Кинетические процессы напыления, такие как холодное напыление, используют в основном кинетическую энергию распыляемых частиц порошка в твердом состоянии, чтобы образовать покрытие. Когда скорость распыленных частиц превышает критическое значение, сцепление частиц и подложки могут быть нестабильны из-за области значительной деформации, которая приводит к местным аномальным изменениям. Когда скорость увеличивается чрезмерно, может произойти эрозия

распыленного порошка, и, следовательно, большая часть распыленных частиц не может присоединиться к подложке [3].

На рисунке 1 представлены результаты моделирования в системе AnsysWorkbench удара части цинка сферической формы при скорости частицы 440 м/с о стальную подложку. Диаметр частицы 0,5 мм. На диаграмме показано взаимное расположение материалов частицы и подложки. Из рисунка видно, что частица впечаталась в подложку и значительно деформировалась. При этом она зафиксировалась на подложке.

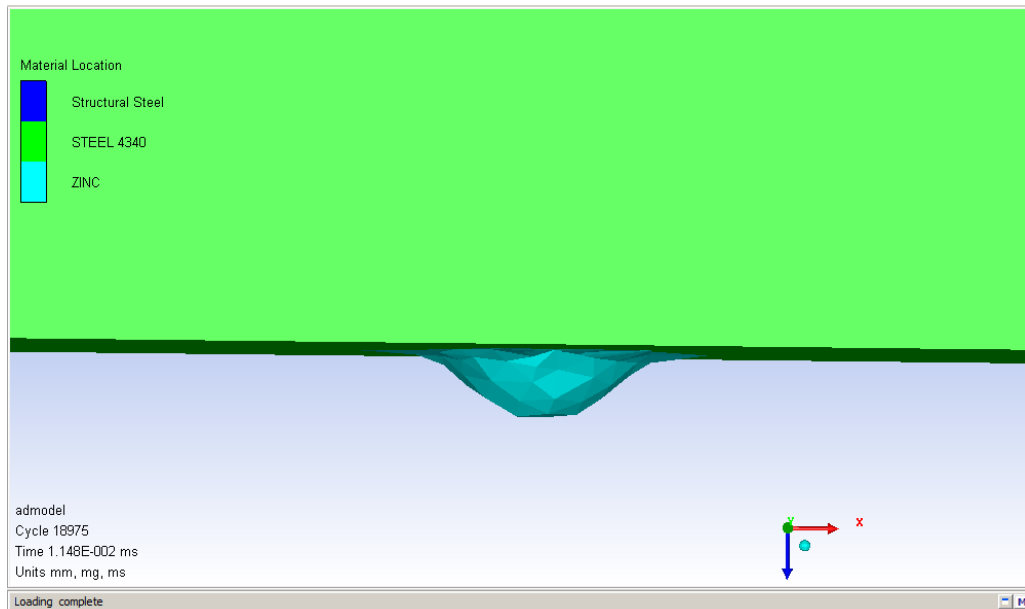


Рисунок 1 – Диаграмма расположения материалов после удара частицы.

На рисунке 2 показана диаграмма агрегатного состояния материалов. Из диаграммы видно, что частица претерпевает значительные пластические деформации.

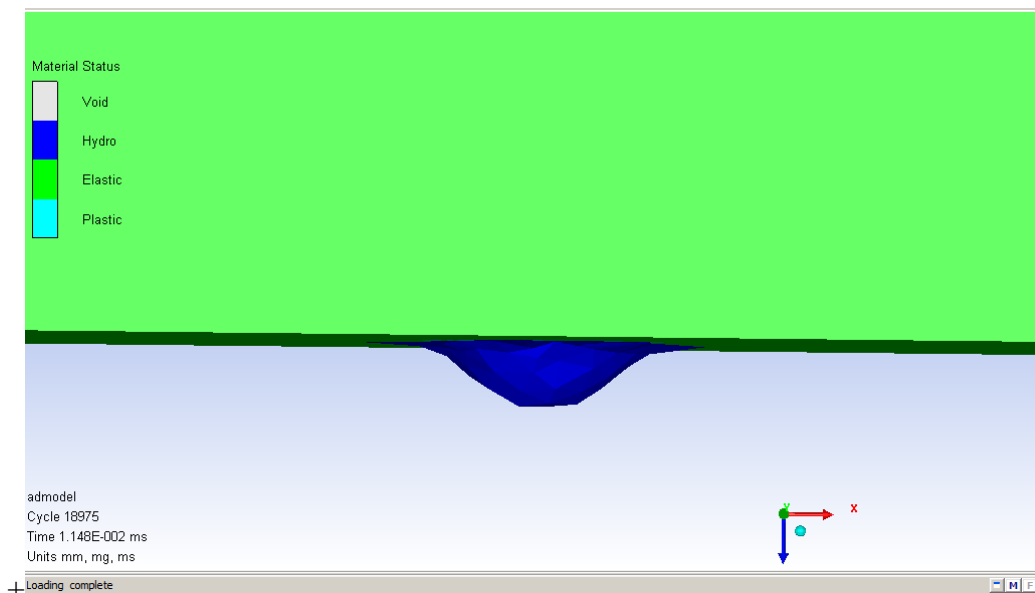


Рисунок 2 – диаграмма агрегатных состояний материалов

Таким образом, компьютерное моделирование удара частицы цинка о стальную подложку продемонстрировало эффективность применения газотермического напыления для напыления антикоррозийных покрытий. Развиваемая частицей скорость достаточна для пластической деформации частицы, что обуславливает хорошее сцепление с подложкой.

Список литературы

1. Математическое моделирование в технике: учебник для вузов/ под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. - 24 с.
2. Е.Е. Красновский. Решение прикладных задач термомеханики с применением программного комплекса ANSYS: методические указания. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 88 с.
3. Kim K., Kuroda S., Watanabe M/ Microstructural Development and Deposition Behavior of Titanium Powder Particles in Warm Spraying Process: From Single Splat to Coating / Journal of Thermal Spray Technology, 2010 vol. 19 (6), pp. 1254-1264.

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЧАСТКОВ С УЧЕТОМ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНЫХ «ОКОН», НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕВОЗОК

Тимченко В.С. – м.н.с., аспирант

Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук
(г. Санкт-Петербург)

Освоение перспективных возрастающих объемов перевозок требует своевременного обеспечения соответствующей пропускной и провозной способности железнодорожных дорог.

Проводимые с этой целью реконструкции и ремонты инфраструктуры сопровождаются предоставлением большого количества длительных перерывов в движении поездов («окон»), что влечет закрытие движения, ограничения скоростей и пропуск рабочих поездов. Действующая инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог учитывает перерывы в движении не более 2,5 часов. Для определения перспективной пропускной способности железнодорожного участка в периоды предоставления более длительных «окон» необходимо учитывать множество сложно взаимодействующих факторов, обусловленных количеством, длительностью, расположением и временем выполнения реконструктивных и ремонтных работ.

Целью данной работы является описание уникального метода определения пропускной способности железнодорожных участков, необходимой для освоения перспективных объемов перевозок, с учетом предоставления «окон» на задаваемый период прогнозирования.

Учет предоставления «окон» на длительную перспективу при оценке пропускной способности может быть обеспечен только методом имитационного моделирования процессов железнодорожных перевозок [1-4]. Данный метод, в отличие от применяемых аналитических и графических методов, определяющих пропускную способность в одинаковых расчетных грузовых поездах, оценивает ее в реальных поездах, обращающихся на рассматриваемых железнодорожных участках (рис. 1).

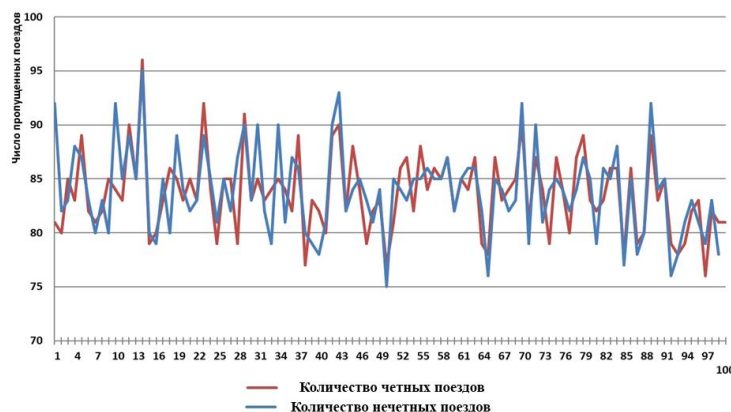


Рисунок 1. Зависимость количества грузовых поездов, пропущенных за сутки, от их очередности.

Имитационная модель определяет ежегодный суммарный вес брутто поездов всех категорий, которые планируется пропускать за период прогнозирования по обследуемой линии. По этим данным в соответствии с классом, группой и категорией железнодорожного пути, а также сроками предыдущих ремонтов, технологией и нормами затрат на выполнение предстоящих работ, определяются места, количества и длительности «окон» для предстоящих ежегодных ремонтов (рис. 2). На основе этой информации имитационная модель процессов перевозок определяет наличную пропускную способность и сравнивает ее с потребной. Если наличная пропускная способность меньше потребной, модель рассчитывает количество поездов, которое должно быть перенаправлено на параллельные железнодорожные направления для обеспечения заданных размеров движения при рассматриваемом варианте развития инфраструктуры в течение ежегодных периодов проведения ремонтных работ.

Путь	КМ, ПК	Нормы	г/сут	г/год	Наработка, мин/сут					Наработка, мин/год					Результат						
					2010	2011	2012	2013	2014	2010	2011	2012	2013	2014							
Волохово	2 05 06	0 30	2002	64	44	47	53	55	61	57	130	166	208	246	286	330	377	430	485	546	В
Волохово-Врава	1 06 36	0 30	1898	794	120	121	140	145	96	188	203	277	480	586	706	121	261	286	341	381	В С
Врава	2 06 36	0 30	1898	794	44	47	53	55	61	33	66	102	144	182	222	265	313	360	421	482	В
Врава	1 06 36	0 30	1898	794	44	47	53	55	61	33	66	102	144	182	222	265	313	360	421	482	В
Врава-Молоковцы	1 08 101	0 30	1898	545	130	121	140	145	641	733	95	189	232	289	358	439	539	659	779	935	В
Врава-Молоковцы	2 08 110	0 30	1898	246	44	47	53	55	61	279	312	348	389	430	468	512	559	612	670	736	В
Молоковцы	1 110 111	0 30	1897	596	120	121	140	145	641	692	794	95	189	232	289	358	439	539	659	779	В
Молоковцы-Беланга	1 111 114	0 30	1898	723	130	121	140	145	96	188	203	277	480	586	706	121	261	286	341	381	В С
Молоковцы-Беланга	2 114 122	0 30	1898	698	120	121	140	145	794	50	187	281	355	480	610	731	140	275	420	581	В
Беланга	1 122 123	0 30	1898	862	10	8	11	7	9	698	710	8	10	30	40	43	57	70	77	67	В
Беланга	2 122 150	0 30	1898	45	154	160	180	183	197	158	271	284	520	643	785	939	1099	1279	1463	1659	С
Беланга-Куратово	1 143 148	0 30	2002	39	42	45	48	52	58	147	259	379	502	638	780	925	1064	1216	1384	1567	В
Беланга-Куратово	2 143 148	0 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	В
Куратово	1 143 143	0 30	2002	39	42	45	48	52	58	60	99	132	171	208	249	297	353	407	460	512	В
Куратово-Р.135 км (Сам.)	1 143 143	0 30	2002	39	110	113	127	138	136	119	199	206	271	461	657	867	780	880	1036	1171	В
Куратово-Р.135 км (Сам.)	2 122 142	0 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	В
Р.135 км (Сам.)	1 120 122	0 30	2004	35	42	45	48	52	58	64	95	128	167	204	242	283	329	376	428	486	В
Р.135 км (Сам.)	2 120 122	0 30	2004	35	110	113	127	138	136	114	195	202	267	457	653	863	776	884	1032	1167	В
Р.135 км (Сам.)-БП123	1 116 120	0 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	В
Р.135 км (Сам.)-БП123	2 116 120	0 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	В
БП123 км	1 110 116	0 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	В
БП123 км	2 110 116	0 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	В
БП123 км-Кань 2	1 2 4	0 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	В
БП123 км-Кань 2	2 2 4	0 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	В

Рисунок 2. График предоставления «окон» для проведения ремонтных работ

Модель оценивает стоимости потерь от простоев и дополнительных пробегов поездов и суммирует их со стоимостями ремонтных работ при различной продолжительности «окон». Оптимальной продолжительности «окна» соответствует наименьшая из указанных сумм. Сравнение количественных и качественных показателей рассматриваемых экспертами вариантов организации работ с предоставлением «окон» и пропуска поездов служит информационной поддержкой выбора наилучшего варианта.

Результатом работы является создание уникального метода оценки пропускной способности железнодорожных участков, обеспечивающей освоение прогнозируемых объемов перевозок, с учетом предоставления ежегодных «окон» на рассматриваемый период и определения числа поездов, которые должны быть перенаправлены на параллельные железнодорожные участки.

Была выполнена работа по применению данного метода по заказу ОАО «РЖД» для оценки пропускной способности железнодорожной линии Мга-Лужская, которая обслуживает морской торговый порт Усть-Луга, в условиях ее реконструкции с предоставлением большого количества «окон» в период с 2010 по 2015 годы.

Список использованной литературы:

1. Кокурин И.М. Методы определения «узких мест», ограничивающих пропускную способность железнодорожных направлений / И.М. Кокурин, В.С. Тимченко // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2013. – № 1. – С. 15 – 22.
2. Тимченко В.С. Алгоритмизация процессов оценки пропускной способности железнодорожных участков в условиях предоставления окон / В.С. Тимченко // Транспорт Российской Федерации. – 2013. – №5 (48). – С. 34 – 37.
3. Тимченко В.С. Оценка перспективной пропускной способности участков железнодорожной сети с учетом предоставления «окон», на основе применения

имитационного моделирования процессов перевозок / В.С. Тимченко // Молодой ученый. — 2014. — №2. — С. 199-204.

4. Тимченко В.С. Алгоритмы расчета графиков проведения ремонтных работ железнодорожного пути на перспективу / В.С. Тимченко // Интернет-журнал «Науковедение». - 2014. - №3. – С. 127.