

Министерство образования Нижегородской области

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

Нижегородский государственный  
инженерно-экономический институт

# *ВЕСТНИК*

*Нижегородского государственного  
инженерно-экономического  
института*

*Серия технические науки*

*Выпуск 1 (2)*

**Княгинино  
2011**

УДК 62  
ББК 3я5  
В 38

***Центральная редакционная коллегия:***

*А. Е. Шамин (главный редактор), Н. В. Проваленова (зам. главного редактора), Б. А. Никитин, А. В. Золотов, О. Ф. Удалов, М. З. Дубиновский, Л. Г. Макарова, Н. В. Оболенский, Е. А. Пучин, А. Н. Скороходов, А. С. Серебряков, С. А. Суслов (секретарь редколлегии)*

В38 Вестник НГИЭИ. Серия технические науки. Выпуск 1 (2). – Княгинино: НГИЭИ, 2011. – 164 с.

***Редакционная коллегия серии:***

*Е. В. Королев (отв. редактор), А. В. Мартьянычев (зам. отв. редактора), Е. В. Воронов, И. В. Волков, В. А. Коченов, В. И. Лашин, А. В. Колпаков, А. Г. Ретивин*

*Ответственный редактор выпуска Е. В. Королев*

УДК 62

ББК 3я5

© Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, 2011

## Содержание

<b>Бабанов Н. Ю., Батова Н. С.</b> Противники и сторонники отмены обязательной сертификации на некоторые товарные группы.....	5
<b>Дёмшин С. Л.</b> Совершенствование почвообрабатывающей части агрегата для обработки почвы и посева.....	14
<b>Денисюк Е. А., Шевелев С. П.</b> Пути использования эффекта гидродинамической кавитации при обработке жидких пищевых сред.....	30
<b>Казаков С. С., Матвеев Ю. И.</b> Формирование структуры серого чугуна в зоне лазерного воздействия.....	41
<b>Кирсанов В. В., Матвеев В. Ю.</b> Интенсификация системы промывки молокопровода доильных установок.....	54
<b>Королев Е. В., Жамалов Р. Р.</b> Аэродинамическое сопротивление плохо обтекаемых тел.....	61
<b>Косолапов В. В., Косолапова Е. В.</b> Сравнительный анализ сошниковых механизмов посевных агрегатов...	77
<b>Коченов В. А., Черемухина И. И.</b> Развитие проектирования трибосопряжений двигателей внутреннего сгорания.....	90
<b>Лашин В. И., Вавилов Ю. Н., Сятойкин Е. Д.</b> Устройство и оборудование для изготовления профильного стекла.....	96
<b>Лелиовский К. Я.</b> Исследование вибрационных характеристик агрегатов трансмиссий автотракторной техники для совершенствования их конструкции.....	103
<b>Мальцев И. М., Гришин Е. Н., Ошуринов Л. А.</b> Исследование скоростной электрометрической обработки током высокой плотности титанового сплава	110

BT16.....	
<b>Савиных П. А., Казаков В. А., Сычугов Ю. В.</b> Новая технология плющения фуражного зерна и машины для её осуществления.....	118
<b>Трифонов А. Д.</b> Исследование поперечной неравномерности опрыскивания штанговым опрыскивателем с гидравлическим двойноструйным щелевыми распылителям фирм LECHLER И TEEJET....	134
<b>Турубанов Н. В.</b> Математическое моделирование воздушного потока в пневмосепарирующем канале.....	144
<b>Швецов А. Ю.</b> Свеча зажигания - Параметр диагностики.....	158

## ПРОТИВНИКИ И СТОРОННИКИ ОТМЕНЫ ОБЯЗАТЕЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ НА НЕКОТОРЫЕ ТОВАРНЫЕ ГРУППЫ

*Н. Ю. Бабанов, к. т.н., доцент;*

*Н. С. Батова, преподаватель кафедры «Тракторы и автомобили» ГОУ ВПО «Нижегородский государственный инженерно-экономический институт»*

**Аннотация.** Одной из основных задач обязательной сертификации было подтверждение качества продукции. Но с 15 февраля 2010 года номенклатура продукции, подлежащей обязательной сертификации, резко сократилась и перешла на добровольное подтверждение соответствия, вызвав тем самым недовольство многих опытных экспертов в этой области. Поэтому целесообразно рассмотреть положительные и отрицательные стороны нововведения процедуры подтверждения соответствия.

**Ключевые слова:** сертификация, декларирование, сертификат, декларация, сертификат соответствия, декларация соответствия, производитель, потребитель, продукция.

С 15 февраля 2010 года произошла отмена обязательной сертификации на многие товарные группы, среди которых продукты питания, парфюмерно - косметическая продукция, товары бытовой химии и многие другие товары народного потребления. Несмотря на то, что страна уже имеет опыт в отмене сертификации на различные товарные группы, этот случай вызвал множество споров. Многие склоняются к тому, что теперь найти качественную продукцию будет практически невозможно, тем самым способствуя разделению на сторонников и противников ново-

го закона представителей СМИ и интернет - пользователей. Многие эксперты пророчат появление на прилавках опасной еды, другие говорят, что для потребителей ничего не изменится. Сторонники отмены объясняют это тем, что отмена обязательной сертификации направлена на снятие «административных барьеров» для производителей, а так же снижение затрат, которые уходили на сертификацию продукции. В свою очередь, противники утверждают, что экономия предприятия на сертификации не приведет к снижению цен, а вот опасных продуктов на прилавках станет больше.

Сертификат соответствия давал некоторую гарантию, что производитель выпускает продукцию, соответствующую требованиям, так как для этого у него есть все необходимое: помещение, технологическое оборудование и другие составляющие производства. *Сертификат* - это документ, подтверждающий *качество продукции* третьей стороной, когда риски изготовителя по поводу некачественного товара разделяются между изготовителем, органом по сертификации и независимой аккредитованной испытательной лабораторией. Процедура сертификации помогает производителю выявить и устранить все недостатки продукции, товар приводится к качественному знаменателю и только после этого идет в массовое производство.

Декларация соответствия является обычным листом бумаги, заполненным самим производителем, который, по сути, дает честное слово бизнесмена о том, что его продукция соответствует нормам безопасности. *Декларация* - это документ, подтверждающий только *безопасность*, а не качество продукции. Простой пример того, когда товар может быть безопасным, но не качественным: колбаса вместо мяса содержит сою, она не станет от этого опасной для здоровья человека, но будет невкусной и бесполезной, другими словами некачественной.

Подтверждая безопасность продукции, производитель самостоятельно добывает доказательства и ему не нужна аккредитованная лаборатория. Это говорит о том, что испытания могут проводиться в любых условиях, в том числе в неаккредитованных лабораториях.

Конечно, добросовестные производители будут следовать всем процедурам сертификации, которые они проходили и раньше для поддержания статуса качества своей продукции и, в конечном итоге, покупатель поймет, и будет голосовать за качественный товар рублем.

Производитель по-прежнему несет ответственность за качество товара и его безопасность, которые подтверждаются в том же органе по сертификации при обязательном декларировании соответствия. Та продукция, которая исключена из перечня товаров, подлежащих обязательной сертификации, по-прежнему подлежит проверке на соответствие обязательным требованиям стандартов в аккредитованной испытательной лаборатории.

Еще один недостаток отмены заключается в том, что ранее обязательная процедура включала в себя анализ производства. Система декларирования этот процесс даже не предусматривает.

В отношении импортной продукции все намного сложнее, что многие импортеры посчитали весьма неудобным и затратным. Ранее, когда тот или иной товар подлежал обязательной сертификации, можно было оформить сертификат на производителя. И данная схема была удобна импортерам тем, что оформлялся сертификат один раз, делались нотариальные копии и неограниченное количество фирм, закупающих продукцию у одного производителя, могли провести таможенное оформление по одному сертификату. Согласно нововведению, декларацию соответствия можно выдать только на получателя, то есть на ту компанию, которая зарегистрирована в России. Таким образом,

каждая компания будет оформлять данный документ на себя и нести ответственность за реализуемую продукцию. А метод «перевода стрелок» на «заморского производителя» в случае рекламаций теперь точно не пройдет.

В общем-то, эта форма доказала свою неэффективность. Речь идет о том, чтобы избавить предпринимателя от обязательного обращения в частные лаборатории за так называемой сертификацией. Большинство лабораторий и центров просто собирали деньги с предприятий и печатали сертификаты, создавая иллюзию проведенных исследований. На деле, это платное подтверждение экспертизы, которая уже проведена Роспотребнадзором.

Здесь большие деньги собираются с производителя. Теперь эти деньги могут быть использованы для расширения своего производства, его модернизации и, в конечном итоге, повышения того же качества.

Но и среди специалистов есть люди, которые не видят в принятом законе угрозу для потребителей и утверждают, что качество многих товаров останется на высоком уровне. Они объясняют это тем, что еще до отмены сертификации на рынке встречался некачественный товар, ведь недобросовестные производители всегда могли сертификат купить. Тогда как уважающая себя компания, которая ценит своего покупателя, и с декларацией будет выпускать качественный товар. Сторонники отмены считают, что необходимо значительно увеличить экономическую ответственность производителя перед потребителем, и это послужит большей гарантией безопасности продукции, чем сертификат.

Г. Элькин пояснил, что предприниматели идут на добровольную сертификацию чаще всего в тех случаях, когда показатели производимой ими продукции выше установленных государством. Он также отметил, что возглавляемое им ведомство готово поддержать новые тен-



денции, которые наметились в добровольной сертификации. И, в частности, в совместной работе с Российским институтом потребительских испытаний.

Отмена обязательной сертификации несет однозначное облегчение для предпринимателей. Правда, не всегда серьезное. Во - первых, некоторые схемы декларирования предполагают участие третьей стороны, что повлечет за собой привлечение тех же испытательных лабораторий. В случае с декларированием пищевой или косметической продукции доказательным материалом будет являться санитарно-эпидемиологическое заключение, тем самым обеспечивая чистую экономию для производителя. Во - вторых, регистрация деклараций так же будет проводиться в органах по сертификации, что влечет за собой сохранение бизнеса в соответствующих инстанциях.

СЭС после проведения тестов выдает производителю товара санитарно-эпидемиологические заключения, которые производитель предоставляет торговцам. Эти документы по-прежнему будут подтверждать соответствие товара требованиям по безопасности. При этом выдавать его будет госструктура, в которой гарантированно есть необходимые лаборатории и обученный персонал.

Говоря обо всех положительных и отрицательных сторонах, сторонники и противники забывают о правах потребителя. Эксперты надеются, что люди, заинтересованные в качестве приобретаемой продукции, станут более сознательными и разборчивыми. Они полагают, что потребитель будет знакомиться не только с составом покупаемой продукции, но и с наличием на предприятии производственных лабораторий, которые изготавливают и тестируют на качество свою продукцию.

Сейчас, покупая продукцию в магазинах и изучая этикетку, встречаются пометки «сертифицировано по системе контроля менеджмента качества».

Существует добровольная сертификация и по международным системам управления качеством и безопасностью пищевых продуктов - ХАССП и ИСО. В последнее время они набирают популярность у российских производителей.

Новая форма управления безопасностью пищевой продукции - система «Анализа рисков и критических точек контроля» (ХАССП). Для внедрения системы ХАССП производители обязаны не только исследовать свой собственный продукт и методы производства, но и применять эту систему и ее требования к поставщикам сырья, вспомогательным материалам, а также системе оптовой и розничной торговли.

Таким образом, ХАССП контролирует качество продукции на всех этапах пищевой цепи. Внедрение систем ХАССП требует законодательство США, Канады, Японии, Новой Зеландии и многих других стран мира.

Однако главным международным знаком качества сегодня остается ИСО. Соответствие товара этому стандарту проверяет Международная организация по стандартизации. Она создана в 1946 году. А 23 сентября 2005 года в Совет ИСО вошла Россия. Обнадеживает тот факт, что сегодня этот стандарт начинает завоевывать популярность в нашей стране.

Есть яркие примеры, когда производители продолжают сертифицировать добровольно свою продукцию. Например, с 29 декабря 2008 года была отменена обязательная сертификация на продукцию масложировой отрасли. В этой связи гендиректор ЗАО «Эссен Продакшан АГ» Леонид Бфышев в интервью с РИА Новости отметил, что продукция марки «Махеевъ» получает сертификаты в добровольном порядке на каждую позицию ассортимента, объясняя это тем, что таким образом они еще раз перепроверяют себя, делая так называемый внешний аудит, чтобы

быть уверенными на сто процентов в качестве своей продукции.

Нововведение повлияет на рынок и правовое поле тогда, когда увеличит размер штрафов, который должен существенно превышать размер прибыли. Повышение штрафов могло бы также быть стимулом для изготовителей и импортеров реально отслеживать качество и безопасность товаров.

Недейственность защиты обязательной сертификации проявлялась в незначительных размерах штрафов за нарушение ее правил: 1-5 тысяч рублей для физических лиц и 10 тысяч рублей - для юридических.

Только 15 % продаваемых товаров подлежит обязательной сертификации в Евросоюзе (меньше, чем России).

Хотя процедура декларирования в большинстве случаев намного проще, чем в России, но в тоже время ужесточаются требования к продуктам. Теперь в Европе качество и безопасность продукции гарантирует вся торговая цепочка: изготовитель, импортер и дистрибьютор.

Большинство экспертов склоняются к тому, что обязательная сертификация хоть как-то дисциплинировала производителя. Теперь же изготовитель может посчитать себя безнаказанным. Одной из особенностей России является доминирование на рынке фирм-однодневок. У нас их в 50 - 100 раз больше, чем в развитых странах. Из этого следует, что найти ответственного за некачественный товар почти невозможно.

Еще не скоро появятся поправки в Кодексе об административных правонарушениях, что может повлечь за собой появление новых субъектов коррупции. Главным проигравшим, как обычно, может оказаться потребитель. Один факт того, что проект вступил в силу до того, как были решены все спорные моменты, может привести к плачевным результатам. Плохая осведомленность о новов-

ведениях населения, несоответствие размеров штрафов за нарушения и отсутствие четких понятий об обязанности и ответственности предпринимателей очень не хотелось бы, чтобы все это привело к тому, что производства будут закрывать только после очередного ЧП со смертельным исходом.

Цена за обязательную сертификацию составляла до 15 тысяч рублей. В связи с чем сертификация потеряла доверие населения и предпринимателей. Заметим, что законная декларация соответствия должна обойтись производителю значительно дешевле - всего в 236 рублей.

Напрашивается следующий вывод: сертифицирующие органы сопротивляются отмене обязательной сертификации по чисто экономическим причинам. По оценке Международной конфедерации обществ потребителей, сборы за обязательную сертификацию составляют десятки миллионов. «До 100 млн. долларов ежегодно компании платили за сертификаты», - полагает Дмитрий Янин.

К чему приведет отмена обязательной сертификации на некоторые товарные группы, покажет время. Потребителям следует быть внимательнее при выборе товаров, чтобы уберечь себя от покупки некачественных продуктов. Необходимо помнить, что не стоит покупать продукцию в сомнительных местах, а также доверять непроверенным производителям, предлагающим дешевый товар, рискуя своим здоровьем.

На Западе для производителей максимально снижены административные барьеры, но предельно увеличена их ответственность. Хочется надеяться, что аналогичный принцип будет реализован и в России. Ослабление государственного контроля должно сопровождаться усилением ответственности производителей и продавцов перед законом.

## Литература

1. Постановление Правительства РФ № 982 по 1 декабря 2009 г. «Об утверждении единого перечня обязательной сертификации и единого перечня продукции, подтверждение соответствия которой осуществляется в форме принятия декларации о соответствии».
2. «Российская Бизнес-газета» № 737 (4) от 2 февраля 2010 г.
3. «Московский тест» № 50, февраль 2010 г.
4. «Новости РИПИ» 12 марта 2010 г.

## OPPONENTS AND SUPPORTERS OF THE CANCELLING OF MANDATORY CERTIFICATION ON SOME COMMODITY GROUPS

*V. J. Babanov, the candidate of technical sciences, the decent*

*N. S. Batova, the teacher of the chair «Tractors and cars» of the Nizhny Novgorod state engineering-economic Institute;*

**Annotation.** One of the primary goals of mandatory certification was confirming quality of production. But since February, 15th, 2010 the nomenclature of production, under the mandatory certifications was sharply reduced and has passed to voluntary confirming of conformity, having caused that discontent of many skilled experts in this area.

Therefore expediently to consider positive and negative sides of an innovation of procedure of confirming of conformity.

**The keywords.** Certification, declarating, the certificate, the declaration, the certificate of conformity, a declaration of conformity, the manufacturer, the consumer, production.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ЧАСТИ АГРЕГАТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПОСЕВА**

*С. Л. Дёмшин, ГНУ НИИСХ Северо-Востока им.  
Н. В. Рудницкого*

**Аннотация.** В работе предложена перспективная технология предпосевной обработки почвы и посева, а также конструктивно-технологическая схема комбинированного агрегата для ее осуществления, основу почвообрабатывающей части которого составляет бесприводной ротационный рыхлитель. Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований по определению рациональных параметров почвообрабатывающей части агрегата.

**Ключевые слова:** комбинированный агрегат, фреза, тросовый рыхлитель, тяговое сопротивление, ресурсосберегающая технология, обработка почвы, посев.

Развитие адаптивно-ландшафтного земледелия предъявляет повышенные требования к выбору рационального способа обработки почвы, как к начальному этапу производства продукции растениеводства. При этом следует учитывать, что механическая обработка почвы является энергоёмким и дорогостоящим приёмом, на который приходится около 40 % энергетических и 25 % трудовых затрат при возделывании сельскохозяйственных культур [1]. Одно из перспективных направлений модернизации сельскохозяйственной техники для почвообработки - разработка комбинированных агрегатов, которые за один технологический проход выполняют комплекс агротехнических операций. Наиболее рационально использование комбини-

рованных агрегатов при совмещении операций предпосев-ной обработки почвы и посева. Применение почвообра-бывающе-посевных агрегатов создает благоприятные условия для вегетации растений за счёт лучшего качества обработки, сохранения почвенной влаги, а также сокращает длительность производственного цикла, уменьшает вредное воздействие ходовых систем машин на структуру и плотность почвы.

### Комбинированный агрегат

В НИИСХ Северо-Востока предложена технология обработки почвы и посева, обеспечивающая улучшенные условия для развития и роста высеянных семян сельскохозяйственных культур, и комбинированный агрегат (рис. 1) для ее осуществления [2]. Данная технология заключается в том, что за один проход осуществляются следующие операции:

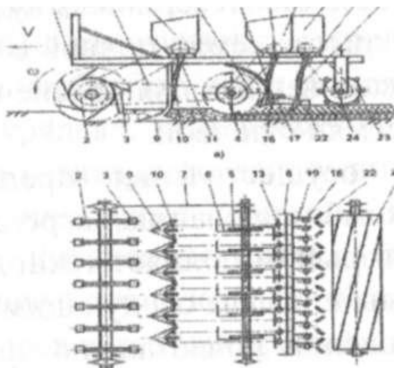


Рис. 1. Комбинированный агрегат для обработки почвы и посева:

а) вид сбоку; б) схема размещения рабочих органов:

1 - рама; 2 - ротор приводной; 3 - почвозащепы; 4 - ротор измельчающий; 5 - диск фрезы; 6 - Г-образные ножи; 7 - цепная передача; 8 - защитный кожух; 9 - лапы культиваторные; 10 - туконаправители; 11 - тукопроводы; 12 - туковый ящик; 13, 18 - сошники; 14, 20 - семяпроводы; 15, 21 - семенной ящик; 16 - выровнитель; 17 - брус крепления сошников; 19 - поводки сошников; 22 -

загорачи; 23 - прикатывающий каток; 24 - механизм регулировки глубины обработки

- полосное рыхление почвы, при котором ширина полосы соответствует ширине лопасти почвозацепа приводного ротора рыхлителя, а глубина полосы - не менее глубины обработки почвы при дальнейшей культивации почвы;

- культивация почвы в необработанных междурядьях с одновременным локальным внесением туков;

- фрезерование верхнего слоя почвы на глубину, превышающую на 2...4 см глубину посева семян зерновых культур, с одновременным созданием уплотненной прослойки между нижним грубоборазрыхленным слоем глубиной, равной глубине культивации, и верхним мелкоагрегатным слоем почвы, посевом семян трав в зонах локального внесения туков и выравниванием поверхности почвы;

- посев семян зерновых культур;

- укрытие семян почвой с последующим послепосевным прикатыванием для обеспечения лучшего контакта высеянных семян с почвой.

Для осуществления предложенной технологии разработан комбинированный агрегат для обработки почвы и посева, который выполняет технологический процесс обработки почвы и посева следующим образом. При поступательном движении почвозацепы приводного ротора, принудительно перекатываясь под действием тяговой силы трактора, производят рыхление почвы полосами и, одновременно, через ускоряющую передачу приводят во вращение измельчающий ротор. В качестве измельчающего ротора могут использоваться как фрезерный барабан с Г-образными ножами, так и тросовый рабочий орган в виде вала с дисками, по внешнему диаметру которых натянуты тросы (рис. 2).



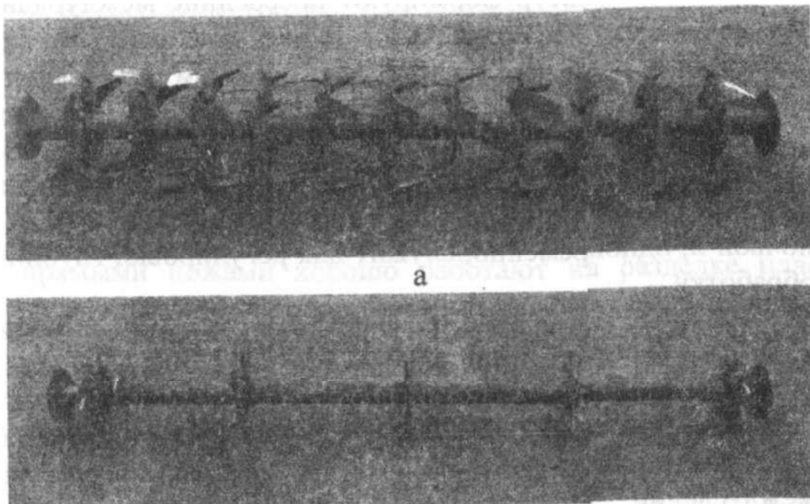


Рис. 2. Измельчающие роторы агрегата  
для обработки почвы и посева:

а - фрезерный; б - тросовый

Культиваторные стрельчатые лапы подрезают и рыхлят пласт почвы в необработанных после прохода приводного ротора междурядьях. Одновременно с этим через туконаправители культиваторных лап в почву подаются минеральные удобрения. Далее режущие элементы измельчающего ротора интенсивно рыхлят верхний слой почвы на глубину, превышающую на 2...4 см глубину посева семян зерновых культур. Одновременно с фрезерованием верхнего слоя почвы, в зонах локального внесения туков осуществляется посев семян трав, которые укладываются семянаправителями на требуемую глубину и укрываются слоем почвы, отразившимся от внутренней поверхности защитного кожуха. Неровности микрорельефа почвы сглаживаются выравнителем поверхности почвы, при этом одновременно происходит выравнивание глубины посева семян трав. Килевидные анкерные сошники для посева зерновых культур формируют посередине междуря-

дий зон локального внесения туков и посева семян трав бороздки, в которые через них по семяпроводам из семенного ящика для зерновых культур подаются семена. Укрытие семян зерновых культур почвой выполняется загортачами. Прутковый каток производит послепосевное прикапывание для обеспечения лучшего контакта высеванных семян с почвой и, одновременно, служит для регулировки глубины обработки.

Культиваторные лапы установлены между приводным и измельчающим роторами, что снижает, согласно опытным данным, на 15...20 %, буксование приводного ротора и тем самым повышает степень крошения почвы [3]. Стойки культиваторных лап расположены посередине междуследий почвозацепов приводного ротора, что уменьшает размеры орудия и позволяет использовать их в качестве сошников для внесения минеральных удобрений.

Выравнивание поверхности почвы после фрезерования обеспечивает ровный микрорельеф поверхности поля. В этом случае для копирования микрорельефа, чтобы обеспечить одинаковую глубину посева семян зерновых культур, достаточно амплитуды хода прицепа пружины кручения, в виде которых выполнены поводки сошников. Для установки сошников для зерновых культур на заданную глубину посева в различных почвенных условиях усилие заглубления сошника обеспечиваются поворотом бруса крепления и изменением расстояния от оси пружины кручения до точки крепления сошника.

### **Исследования**

В качестве основного рабочего органа агрегата для обработки почвы и посева использован бесприводной роторный рыхлитель, состоящий из приводного и измельчающего роторов, связанных между собой ускоряющей передачей. Наибольшее влияние на качество и энерго-

ёмкость обработки измельчающим ротором оказывает количество режущих элементов и его окружная скорость.

В качестве режущих элементов измельчающего ротора бесприводных ротационных рыхлителей чаще всего используются рабочие органы полевых фрез с Г-образными или прямыми ножами. Фрезерные роторы с прямыми ножами хорошо работают на разделке пласта многолетних трав, но на предпосевной обработке почвы не обеспечивают должного качества обработки почвы [4]. Фрезы с Г-образными ножами более качественно подготавливают почву под посев, но их применение более энергоёмко. Кроме того, изготовление прямых и Г-образных ножей из дорогостоящих износостойчивых сталей требует специальной оснастки, что при суммировании затрат значительно увеличивает стоимость измельчающего ротора. Применение тросов в качестве режущих элементов измельчающего ротора, кроме снижения стоимости изготовления, позволит снизить энергоёмкость процесса обработки за счёт уменьшения отбрасывания почвы при сохранении качества обработки.

Особенностью обработки почвы ротационными машинами является неровность подошвы под разрыхлённым слоем. Поэтому при выбранном режиме движения агрегата количество режущих элементов на измельчающем роторе определяется исходя из агротехнических требований на гребнистость дна борозды после обработки (рис. 3). Согласно этому высота гребней не должна превышать 10...20 % от заданной глубины обработки  $a$ , м [5]. При этом действительная высота  $h_{гд}$ , м гребней будет меньше теоретической, так как при движении режущих элементов в почве происходит скалывание вершин гребней:

$$h_{гд} = h_{гр} \cdot k_c, (1)$$

где  $h_{гр}$  - теоретическая высота гребней, м;

$k_c$  - коэффициент, учитывающий уменьшение высоты гребней за счёт скалывания почвы,  $k_c = 1..2$  [6].

При расчётах принимаем  $k_c = 2$ , так как измельчающий ротор производит фрезерование почвы после обработки её стрелчатыми лапами.

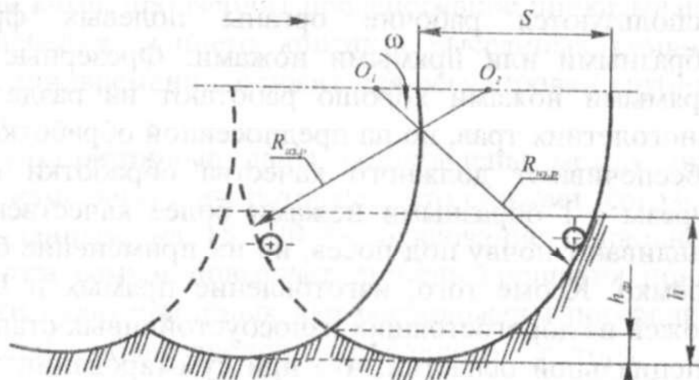


Рис. 3. Траектория движения тросового измельчающего ротора

Для рабочих органов, которые приводятся во вращение от ВОМ трактора, число режущих элементов  $n$ , шт. измельчающего ротора находится из условия обеспечения заданной гребнистости дна  $h_{гр}$ , м, [7]:

$$n = \frac{\pi \cdot R_{из.р.}}{(\lambda \sqrt{2R_{из.р.} \cdot h_{гр} - h_{гр}^2} - R_{из.п.} \cdot \arccos(1 - h_{гр} : R_{из.п.}))}, \quad (2)$$

где  $R_{из.р.}$  - радиус измельчающего ротора, м;

$\lambda$  - показатель кинематического режима.

Показатель кинематического режима  $\lambda$  измельчающего ротора бесприводных ротационных рыхлителей определяется соотношением скоростей относительного  $V_{окр. изр.}$ , м/с и переносного  $V$ , м/с движения:

$$\lambda = V_{окр. изр.} : V = \omega_{изр.} \cdot R_{из.р.} : V, \quad (3)$$

где  $\omega_{из.р.}$  - угловая скорость измельчающего ротора,  $c^{-1}$ .

Угловая скорость измельчающего ротора определяется по формуле:

$$\omega_{из.р.} = 2\pi \cdot n_{из.р.}, \quad (4)$$

где  $n_{из.р.}$  - частота вращения измельчающего ротора,  $c^{-1}$ .

Частота вращения измельчающего ротора равна

$$n_{из.р.} = n_{пр.р.} \cdot i, \quad (5)$$

где  $n_{пр.р.}$  - частота вращения приводного ротора,  $c$ ;

$i$  - передаточное отношение передачи между приводным и измельчающим роторами ротационного рыхлителя.

Частота вращения приводного ротора

$$n_{пр.р.} = \omega_{пр.р.} : 2\pi, \quad (6)$$

где  $\omega_{пр.р.}$  - угловая скорость приводного ротора,  $c^{-1}$ .

Так как  $\omega_{пр.р.} = V_{ОКР из.р.} : R_{пр.р.}$ ;

где  $R_{пр.р.}$  - радиус приводного ротора,  $m$ ;

а окружная скорость приводного ротора находится по формуле:

$$V_{ОКР из.р.} = V \cdot (1 - \delta_{пр.р.}), \quad (8)$$

где  $\delta_{пр.р.}$  - скольжение приводного ротора,  $\delta_{пр.р.} = 0,05 \dots 0,1$  [8].

После преобразований формула для определения частоты вращения приводного ротора ротационного рыхлителя выглядит следующим образом

$$n_{пр.р.} = V \cdot (1 - \delta_{пр.р.}) : 2\pi \cdot R_{пр.р.} \cdot \psi, \quad (9)$$

где  $\psi$  - коэффициент, учитывающий фактический радиус приводного ротора.

Коэффициент, учитывающий фактический радиус приводного ротора при перекатывании в полевых условиях, находился экспериментально-теоретическим способом при помощи лабораторно-полевой установки, оборудованной приводным ротором. Для его определения регистрировалась количество оборотов приводного ротора, движущегося по полю.

щегося без нагрузки в виде крутящего момента потребляемого измельчающим ротором, при прохождении им фиксированного расстояния.

$$\psi = 2\pi \cdot R_{\text{пр.р.}} \cdot n_{\text{об.пр.р.}} : L, \quad (10)$$

где  $L$  - длина участка при измерении, м;

$n_{\text{об.пр.р.}}$  - число оборотов приводного ротора.

Тогда формула для определения показателя кинематического режима  $\lambda$  измельчающего ротора имеет вид:

$$\lambda = \frac{R_{\text{из.р.}} \cdot i \cdot (1 - \delta_{\text{пр.р.}})}{R_{\text{пр.р.}} \cdot \psi} \quad (11)$$

В этом случае число режущих элементов измельчающего ротора ротационного рыхлителя, удовлетворяющее условию обеспечения заданной гребнистости дна, определяется следующим выражением:

$$n = \pi : \left[ \frac{i(1 - \delta_{\text{пр.р.}})}{R_{\text{пр.р.}} \cdot \psi} \sqrt{2R_{\text{из.р.}} h_{\text{гр}} - h_{\text{гр}}^2} - \arccos(1 - h_{\text{гр}} : R_{\text{из.р.}}) \right] \quad (12)$$

Анализ уравнения (12) показывает, что при постоянном числе режущих элементов наибольшее влияние на качество обработки почвы, в частности на гребнистость дна борозды, оказывают диаметры приводного и измельчающего роторов и передаточное отношение между ними.

При подстановке числовых значений, обусловленных конструкцией опытного образца агрегата:  $R_{\text{пр.р.}} = 0,32$  м,  $R_{\text{из.р.}} = 0,16$  м,  $\delta_{\text{пр.р.}} = 0,05$  построены зависимости количества режущих элементов  $n$ , шт., от передаточного отношения  $i$  передачи между приводным и измельчающим роторами для двух значений допустимой высоты гребней дна борозды  $h_{\text{гр.д. max}} = 0,008$  и  $h_{\text{гр.д. min}} = 0,016$  м (рис. 4).

При анализе графиков  $n = f(i)$  видно, что измельчающий ротор, оснащённый режущими элементами в виде тросов в количестве 8... 12 штук, обеспечивает обработку почвы в соответствии с агротехническими требованиями

при передаточном отношении цепной передачи  $i = 2,7 \dots 3,2$ .

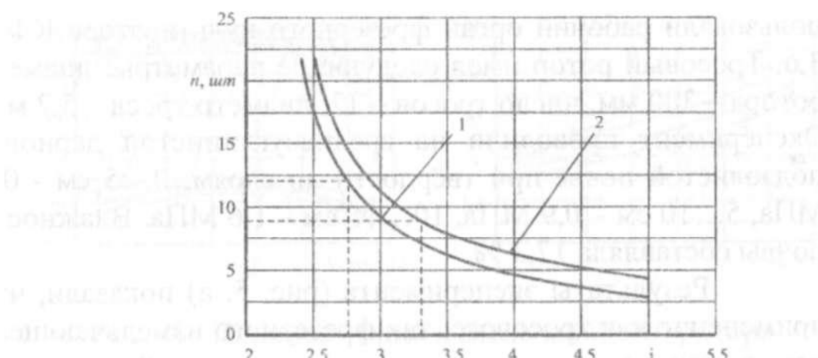


Рис. 4. Зависимость числа режущих элементов  $p$ , шт. от передаточного отношения  $i$  для следующих значений высоты гребней дна борозды: 1 -  $h_{гр.д. \min} = 0,008$  м; 2 -  $h_{гр.д. \max} = 0,016$  м

### Результаты экспериментальных исследований

Для сравнения агротехнических и энергетических показателей работы измельчающего ротора с режущими элементами в виде Г-образных ножей и тросов проведен лабораторно-полевой опыт, в ходе которого исследовали влияние скорости агрегата на качество и энергоемкость обработки почвы для двух передаточных отношений между приводным и измельчающим роторами. Кроме гребнистости дна борозды, важный агротехнический критерий качества предпосевной обработки - степень крошения почвы  $P$ , %. Для сравнительной оценки энергоемкости определяли удельное тяговое сопротивление агрегата  $P_{тяг}$ , кН/м.

Экспериментальные исследования проводили на лабораторно-полевой установке, позволяющей определять тяговое усилие рабочих органов, скольжение приводного ротора и имитировать мощность, потребляемую измель-

чающим ротором, посредством тормозного механизма за счет изменения усилия пружин сжатия и изменения количества пар дисков сцепления.

В качестве фрезерного измельчающего ротора не пользовали рабочий орган фрезерного культиватора КФГ-3,6. Тросовый ротор имел следующие параметры: диаметр ротора - 300 мм, число тросов - 12, диаметр троса - 5,2 мм. Эксперимент проводили на среднесуглинистой дерново-подзолистой почве при твердости по слоям: 0...5 см - 0,5 МПа, 5... 10 см - 0,9 МПа, 10... 15 см - 1,6 МПа. Влажность почвы составляла 17,3 %.

Результаты эксперимента (рис. 5, а) показали, что применение как тросового, так фрезерного измельчающего ротора позволяет во всем диапазоне скоростей осуществлять предпосевную обработку почвы в соответствии с агротехническими требованиями. Изменение содержания фракций почвы 0...10 и 0...50 мм при обработке тросовым и фрезерным рабочими органами с увеличением скорости имеет одинаковую тенденцию. При повышении скорости с 5,5 до 9,0 км/ч содержание фракции до 50 мм увеличивается в среднем на 5 %. При дальнейшем возрастании скорости для тросового ротора ее доля остается постоянной, в то время как у фрезерного она снижается на 5...8 % из-за повышения буксования приводного ротора. Для обоих видов измельчающего ротора изменение передаточного отношения с 2,5 до 3,5 увеличивает содержание мелких фракций почвы вследствие её более интенсивного измельчения.

Удельное тяговое сопротивление агрегата (рис. 5, б) с тросовым измельчающим ротором в диапазоне рабочих скоростей от 7,0 до 11,5 км/ч меньше на 0,1 ...0,2 кН/м, чем при использовании фрезерного ротора. При этом с повышением скорости тяговое сопротивление орудия растет. При изменении передаточного отношения между роторами



с 2,5 до 3,5 у обоих видов измельчающего ротора наблюдается увеличение удельного тягового сопротивления в среднем на  $\Delta P_{\text{тяг}} = 0,3 \dots 0,4$  кН/м.

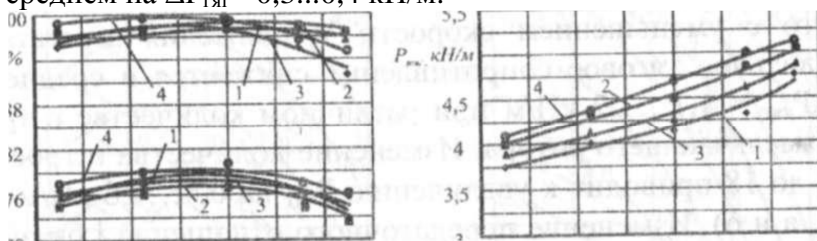


Рис. 5. Влияние типа измельчающего ротора на степень крошения почвы  $P$ , фракции почвы 0...10 и 0...50 мм, (а) и удельное тяговое сопротивление  $P_{\text{тяг}}$  (б):

1 - тросовый измельчающий ротор при  $i = 2,5$ ; 2 - то же при  $i = 3,5$ ; 3 - фрезерный измельчающий ротор при  $i = 2,5$ , 4 - то же при  $i = 3,5$

Для оптимизации параметров тросового измельчающего ротора необходимо определить влияние числа п режущих элементов ротора, скорости агрегата  $V$ , км/ч и величины передаточного отношения  $i$  между приводным и измельчающим роторами на удельное тяговое сопротивление  $P_{\text{тяг}}$  ( $Y_1$ ) и содержание  $P$  фракции 0...50 мм ( $Y_2$ ), характеризующее степень крошения почвы. Для этого реализован план эксперимента Бокса-Бенкина второго порядка для трех факторов при следующих интервалах варьирования:  $p = 12 \pm 6$ ,  $V = 9,5 \pm 3,0$  км/ч,  $i = 2,6 \pm 1,3$ . Опыт проводили на среднесуглинистой дерново-подзолистой почве при твердости по слоям 0...5 см - 0,6 МПа, 5... 10 см - 0,8 МПа, 10... 15 см - 1,6 МПа и влажности почвы - 20,5 %.

После обработки результатов получены следующие модели регрессии, проверенные на адекватность по  $F$ -критерию Фишера (вероятность  $p = 0,95$ ),

$$Y_1 = 3,82 + 0,52 \cdot n + 0,58 \cdot V + 0,48 \cdot i + 0,42 \cdot n^2 - 0,3 \cdot n \cdot i; \quad (13)$$

$$Y_2 = 96,7 + 4,08 \cdot n + 3,86 \cdot V + 2,05 \cdot i - 4,25 \cdot n \cdot V - 0,92 \cdot n \cdot i - 1,98 \cdot V^2 - 1,17 \cdot V \cdot i; \quad (14)$$

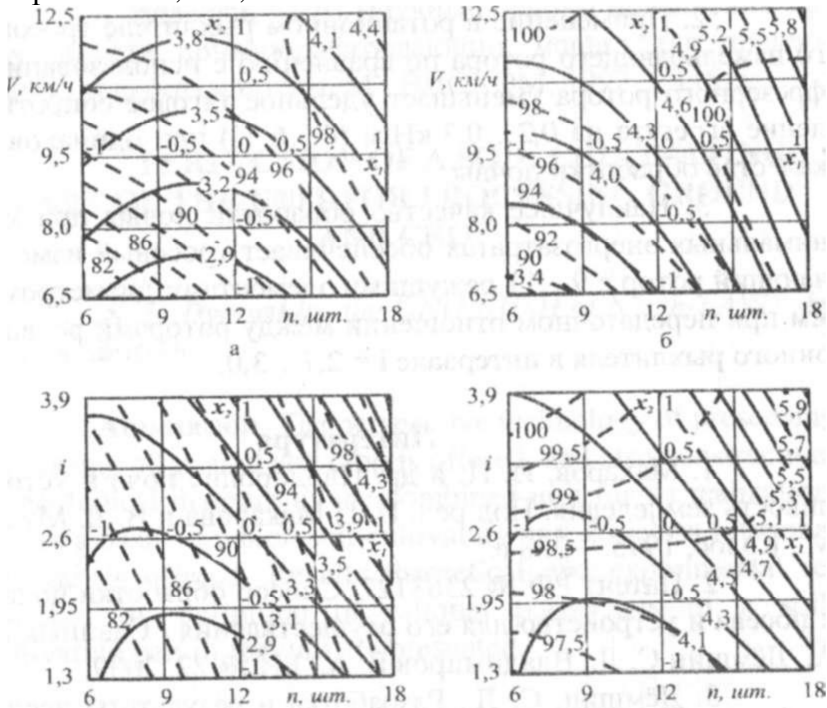
Анализ уравнений регрессии (13, 14) с помощью двумерных сечений поверхности отклика (рис. 6) показал, что с уменьшением скорости  $V$  движения агрегата его удельное тяговое сопротивление снижается в среднем на  $\Delta P_{\text{тяг}} = 1,1 \dots 1,2$  кН/м при различном количестве  $n$  тросов измельчающего ротора. Изменение количества  $n$  тросов от 6 до 18 приводит к увеличению  $P_{\text{тяг}}$ , на  $0,4 \dots 1,6$  кН/м (рис. 6, а и б). Изменение передаточного отношения  $i$  оказывает значительное влияние на удельное тяговое сопротивление (рис. 6, в и г). При увеличении передаточного отношения  $i$  с 1,3 до 3,9 удельное тяговое сопротивление возрастает на  $\Delta P_{\text{тяг}} = 0,4 \dots 1,6$  кН/м.

Увеличение числа тросов на измельчающем роторе с 6 до 18 ( $i = 1,3$ ) приводит к повышению содержания фракции почвы 0...50 мм на 12,5... 16,0 %. При увеличении передаточного отношения до  $i = 3,9$  и скорости движения до 10,0 км/ч наблюдается аналогичная тенденция. С повышением скорости движения до 12,5 км/ч содержание фракции почвы до 50 мм возрастает на 4... 12 % при любых изменениях передаточного отношения.

Повышение скорости движения с 6,5 до 12,5 км/ч (рис. 6, в и г) вызывает увеличение содержания фракции почвы 0...50 мм на 4... 12 % при различном количестве тросов во всем интервале изменения передаточных отношений. Наилучшие показатели крошения обеспечиваются при более высокой скорости.

Анализ результатов экспериментальных исследований подтвердил результаты теоретических исследований, что наилучшее крошение почвы и наименьшее тяговое сопротивление в исследуемом интервале скоростей движения  $V = 6,5 \dots 12,5$  км/ч обеспечивает измельчающий ротор с количеством тросов  $n = 9 \dots 11$  при передаточном отно-

шении между приводным и измельчающим ротором в интервале  $i = 2,7...3,0$



- удельное тяговое сопротивление; ----- содержание фракции 0. .50 мм

Рис. 6. Зависимости удельного тягового сопротивления агрегата  $P^{TM}$ -, кН/м и содержания фракции  $P$ , %, почвы 0... 50 мм от количества  $n$  тросов на измельчающем роторе, скорости движения  $V$  агрегата и передаточного отношения  $i$ : а -  $i = ,3$ ; б -  $i = 3,9$ ; в -  $V = 6,5$  км/ч; г -  $V = 12,5$  км/ч

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Предложена ресурсосберегающая технология обработки почвы и посева, а также комбинированный агрегат для ее осуществления.

2. Применение в ротационном рыхлителе тросового измельчающего ротора по сравнению с использованием фрезерного ротора уменьшает удельное тяговое сопротивление агрегата на 0,2...0,3 кН/м (4...6 %) при одинаковом качестве обработки почвы.

3. Наилучшее качество обработки почвы при минимальных энергозатратах обеспечивает тросовый измельчающий ротор с 9... 11 режущими элементами диаметром 5 мм при передаточном отношении между роторами ротационного рыхлителя в интервале  $i = 2,7.. .3,0$ .

### Литература

1. Макаров, И. П. и др. Плодородие почв и устойчивость земледелия. Под ред. И. П.Макарова и В. Д. Мухи. М., Колос, 1995. - 288 с.

2. Патент РФ № 2363127. Способ обработки почвы и посева и устройство для его осуществления / Савиных П. А., Дёмшин С. Л., Владимиров Е. А., БИ № 22, 2009.

3. Дёмшин, С. Л., Разработка и результаты исследований комбинированного агрегата для предпосевной обработки почвы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2008. № 11.

4. Протокол № 12-21-89 (9033200) предварительных испытаний опытного образца рыхлителя бесприводного ротационного РБР-4. Оричи: Кировская МИС, 1989. - 24 с.

5. Синеоков, Г. П., Теория и расчёт почвообрабатывающих машин. М.: Машиностроение, 1977. - 328 с.

6. Турбин, Б. Г. и др. Сельскохозяйственные машины. Л.: Машиностроение, 1967. - 577 с.

7. Матяшин, Ю. И. и др. Расчёт и проектирование ротационных почвообрабатывающих машин. М.: Агропромиздат, 1988. - 176 с.

8. Инаекян, С. А. Научные основы повышения эффективности почвообрабатывающих машин для предпосевной обработки почвы. М.: ВИСХОМ, 1992. - 115 с.

## PERFECTION OF A SOIL-CULTIVATING PART OF THE UNIT FOR PROCESSING GROUND AND CROP

*S. L. Dyomshin, the GNU NIISH of North-EAST by N.  
V. Rudnitskiy*

**Annotation.** The perspective technology of preseeded processing of ground and crop is offered, and also constructive-technological diagram of the combined unit for its realization, makes a basis of which soil-cultivating part driveless rotational hoeness is offered. Results theoretical and experimental researches by definition of rational parameters of a soil-cultivating part of the unit are presented.

**The keywords.** The combined unit, a mill, rope hoeness, traction resistance, resource saving technology, processing of ground, crop.

## ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭФФЕКТА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ ПРИ ОБРАБОТКИ ЖИДКИХ ПИЩЕВЫХ СРЕД

*Е. А. Денисюк, к. т.н., профессор;*

*С. П. Шевелев, аспирант ФГОУ ВПО НГСХА*

**Аннотация.** Рассмотрены и проанализированы гидродинамические и акустические навигации. Определена сфера целесообразности применения различных типов кавитации. Рассмотрены схемы конструкций гидродинамических теплогенераторов и область их применения в мясном, молочном производстве и в технологиях переработки продукции растениеводства.

**Ключевые слова:** кавитация, акустика, нагрев, гидродинамика, теплогенераторы.

Начиная с середины прошлого столетия, в научных кругах появляются идеи использования энергии кавитации в пищевой промышленности. В связи с недорогими на тот момент энергоресурсами и отработанной традиционной технологией, данный способ обработки пищевого сырья не получил реализации вплоть до конца прошлого столетия. Отсутствие эффективных аппаратов для проведения кавитационного воздействия и разработанной теории процесса приводило к тому, что метод не использовался. Исключение составляет лишь применение гидродинамической кавитации в аппаратах роторно-пульсационного типа для пастеризации и гомогенизации молока.

Данное научное направление вновь обрело актуальность с развитием мирового уровня техники, позволяющей создавать аппараты большой мощности, способные справляться с обработкой больших объемов жидкостей. Разви-

тие новых методик исследований процесса сделали проблему использования энергии кавитации как гидродинамической, так и акустической природы более актуальной и привлекательной [1]. В настоящее время данному явлению во всем мире посвящено множество работ. Не менее важной проблемой является определение соотношения практической возможности применения того или иного типа кавитации.

Наиболее разработанной темой подобных исследований можно считать теорию кавитационной дезинтеграции - процессов, происходящих в кавитационном реакторе [2]. Кавитационный реактор - аппарат, в котором реализуется явление кавитации в жидкостях, сопровождающее трансформацию акустической энергии, так называемого вынуждающего осциллятора низкой плотности в энергию высокой плотности схлопывающихся кавитационных пузырьков. В ряде публикаций [3] отмечено, что акустическая кавитация при правильном подборе параметров обладает значительно большей энергетикой, нежели гидродинамическая. Отмечена независимость акустической кавитации от скорости обрабатываемой среды, что позволяет более точно дозировать энергию, передаваемую среде путем установления производительности аппарата, в котором происходит процесс. Причем передача энергии для направленного изменения энергетического состояния обрабатываемой среды происходит без заметного увеличения ее температуры, т.е. «надтепловым» способом. С преимуществом акустической кавитации в виде способности изменять энергетическое состояние воды (активировать) без заметного увеличения ее температуры можно согласиться. Так как при работе любых аппаратов, работа которых основана на явлении гидродинамической кавитации, передача энергии среде происходит не только за счет импульсов давления и температуры, возникающих в парогазовых пу-

зырьках в момент их коллапса, но и за счет прямой трансформации механической энергии в тепловую, при возникающем внутреннем трении в обрабатываемой жидкости и рассеянии энергии акустических колебаний, сопровождающих коллапс парогазового пузырька. Поэтому работа подобных аппаратов сопровождается интенсивным нагревом среды, нежелательной для некоторых технологических процессов. С утверждением о значительно большей эффективности акустической кавитации по сравнению с гидродинамической можно поспорить. Известны следующие наиболее простые способы интенсификации образования и коллапса парогазовых каверн в воде, т.е. процесса кавитации, - это увеличение числа и частоты пульсаций этих каверн. А также увеличения импульса давления, возникающего при коллапсе отдельных пузырьков. В отношении последних двух способов, частоты и величины импульса давления отдельного пузырька акустическая кавитация позволяет изменять в широких пределах амплитуду и частоту вынуждающего осциллятора. Изменением последних можно добиться условия, необходимого для синхронизации коллапса с концом положительного полупериода изменения давления вынуждающего осциллятора. Однако при аналогичных условиях зарождения кавитационных полостей, гидродинамическая кавитация характеризуется особым режимом течения жидкости. Термин «кавитационный режим течения жидкости» наиболее полно характеризует происходящие явления [4]. Сущность его в том, что вся масса жидкости участвует в процессах образования (развития и схлопывания) кавитационных полостей, а именно - создаются условия генерирования кавитационных пузырьков, близких по величине диаметра и не зависящих от положения, относительно природы возникновения. Поэтому количество пульсирующих парогазовых каверн при гидродинамической кавитации во много раз больше, чем



это можно было бы наблюдать при акустической кавитации и по производимому эффекту она не может сильно отличаться от последней.

Акустическая кавитация предпочтительней при обработке сред, которые требуют «надтеплого» способа передачи энергии, т.е. без ощутимого нагрева. Примером здесь может служить кавитационная обработка воды, используемая при холодном способе кондиционирования зерна. При этом показано, что количество белков клейковины, получаемой из муки, возрастает в большей мере, чем при увлажнении зерна обычной водой [5]. Данный способ возможен в приготовлении и стабилизации эмульсий, используемых в хлебопекарной промышленности [6]. В тоже время нельзя не отметить сложность установок, а следовательно, их высокую стоимость, применяемых для такого типа воздействия на жидкие пищевые среды. Попытки изготовления самостоятельно таких аппаратов часто заканчиваются неудачей. Последнее можно объяснить необходимостью тщательного подбора геометрии и акустических свойств сосуда в зависимости от типа ультразвукового излучателя. В противном случае, рассчитывать на эффективность установки не приходится. Поэтому использование таких установок при всех их положительных свойствах оказываемых на обрабатываемую среду, в небольших перерабатывающих предприятиях и фермерских хозяйствах затруднено.

Учитывая, что многие технологические операции, осуществляемые при выработке продукции в подобных хозяйствах, требуют как раз повышения температуры среды. Решением противоречия соотношения производимого эффекта кавитации и стоимости оборудования для ее проведения может стать использование гидродинамической кавитации, осуществляемой при работе гидродинамических теплогенераторов.

Прежде чем систематизировать имеющиеся в научной литературе данные о возможности получаемых эффектов от применения гидродинамической кавитации при обработки жидких пищевых сред следует остановиться на гидродинамических теплогенераторах [7]. Гидродинамические теплогенераторы - это объединенное название ряда тепловых машин, использующих в качестве рабочего тела жидкость, преимущественно - воду. В результате ряда процессов, происходящих при работе установки, осуществляется нагревание рабочего тела. Гидродинамические теплогенераторы отличаются необычно высокой эффективностью - отношением производимой теплоты к потребляемой энергии. Независимо от конструкции теплогенератора, основным при его работе считают процесс протекания гидродинамической кавитации. Известно большое количество самых разнообразных конструкций подобных машин. Однако при всем разнообразии можно выделить три группы:

- 1) пассивные тангенциальные;
- 2) пассивные аксиальные;
- 3) активные.

Пассивный гидродинамический теплогенератор с тангенциальным вводом потока жидкости, часто называемый вихревым, фактически является модификацией широко известной вихревой трубы, основанной на эффекте Ранка-Хильша, и предназначенной для охлаждения газового потока. Основное отличие вихревого теплогенератора от вихревой трубы Ранка состоит в замене газообразного рабочего тела (воздуха) жидким. Существенными элементами этого генератора служат инжекционный патрубок (1), струезакручивающий аппарат (2), рабочая или вихревая камера (3), тормозное устройство (4) и (6), перепускная магистраль (5) (рис.1) [8].

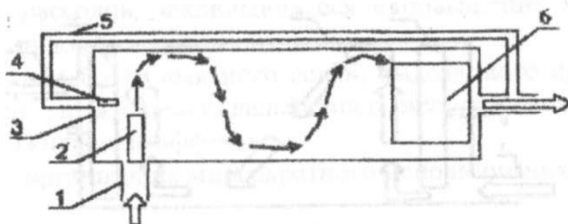


Рис. 2. Пассивный тангенциальный теплогенератор

Пассивный аксиальный теплогенератор представляет еще более простую конструкцию. Схематично конструкция подобных аппаратов, отражающая многообразие технических решений, представлена на рис.2. Основными элементами такого генератора служат входной патрубок для холодной воды (1), рабочая камера (2) с формирователем потока (3), сужающее устройство (4) с выходным патрубком для горячей воды (5).

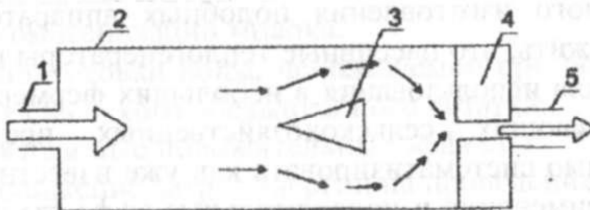


Рис. 2. Пассивный аксиальный теплогенератор

В генераторах третьей группы воздействие на рабочее тело производится с помощью размещенных в их рабочей камере подвижных активирующих элементов, как правило - элементов ротационного типа с принудительным вращением (рис.3). Основными элементами подобных аппаратов служат входной патрубок для холодной воды (1), подвижный активирующий элемент (2) расположенный в рабочей камере (3), тормозное устройство (4) с выходным патрубком для горячей воды (5).

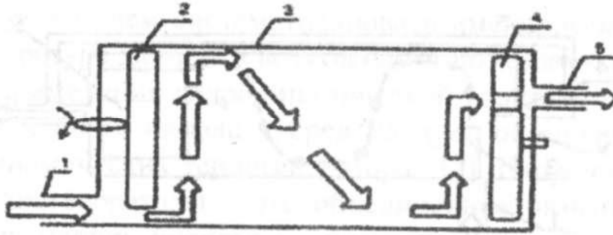


Рис. 3. Активный теплогенератор

Основное отличие приведенных групп машин проявляется в их эффективности по степени воздействия на обрабатываемую среду. Активные теплогенераторы наиболее эффективны в этом плане. Однако они и наиболее сложные, а следовательно, и дорогие в производстве. Первые две группы, в свою очередь благодаря простой конструкции, надежны, так как не имеют изнашиваемых деталей. Учитывая последнее, а также факт возможности самостоятельного изготовления подобных аппаратов, можно предположить, что пассивные теплогенераторы предпочтительней для использования в небольших фермерских и перерабатывающих сельскохозяйственных предприятиях. Необходимо систематизировать как уже известное практическое применение и положительные эффекты гидродинамической кавитации, происходящих в этих аппаратах в случае использования их для обработки жидких пищевых сред, так и теоретически возможное применение их как аналог акустической кавитационной обработки.

Гидродинамическая кавитация в мясном производстве может быть использована в следующих процессах:

- регенерации рассолов с целью их повторного использования;

- подготовка рассолов непосредственно перед их использованием с целью целенаправленного изменения свойств рассолов, заключающееся в повышении химической активности воды;

- обработка «мясного сока», выделяемого при дефростации сырья, с целью дальнейшего использования.

Ожидаемые эффекты:

- организация многократного использования жидких сред;

- сохранение и дальнейшее использование в качестве ценного сырья (а не утилизации) «мясного сока»;

- снижение количества или полный отказ при производстве мясопродуктов от химических влагосвязывающих добавок.

Гидродинамическая кавитация в молочном производстве применяется достаточно давно [9,10,11] и может использоваться для:

- тепловой обработки молока, аналогичной пастеризации или стерилизации в зависимости от технологической необходимости;

- гомогенизации молока;

- подготовки воды, используемой при восстановлении молока из сухого обезжиренного остатка.

Ожидаемые положительные эффекты:

- снижение затрат энергии на проведение энергоемких технологических операций;

- возможность совмещения технологических операций (например, пастеризации и гомогенизации) с целью сокращения продолжительности и снижение затрат на их проведение;

- улучшение технологических характеристик молочных смесей и получаемых из них молочных продуктов за счет изменения свойств компонентов молока (в частно-

сти, интенсивной гидратации белков) в результате кавитационного воздействия.

Гидродинамическая кавитация теоретически может находить применение в технологиях переработки продукции растениеводства:

- подготовка воды в технологических схемах, предназначенных для восстановления концентрированных соков, или замена ванн длительной пастеризации гидродинамическим теплогенератором;
- осветление, пастеризация и стерилизация соков, в т.ч. восстановленных;
- подготовка воды, направляемой на обессахаривание свекловичной стружки методом диффузии;
- подготовка воды (или обработка непосредственно суслу), направляемой для смешивания с крахмалсодержащим сырьем перед его развариванием;
- тепловая обработка виноматериалов. Ожидаемые положительные эффекты:
  - снижение затрат энергии на энергоемкие технологические операции, интенсификация процесса и улучшение качества готовой продукции;
  - увеличение коэффициента диффузии и содержания сахарозы в диффузионном соке, более эффективное подавление микроорганизмов;
  - снижение расхода энергии на разваривание, интенсификация процессов брожения при общем увеличении выхода спирта.

Учитывая отсутствие в научных публикациях информации, посвященной возможности использования гидродинамической кавитации, протекающей при работе пассивных теплогенераторов в производстве мясных продуктов, йами предложена попытка теоретического и практического обоснования возможности применения такой обработки с целью регенерации рассолов и их обработки непо-

средственно перед использованием, а также возможности регенерации рассолов, предназначенных для посола сыров. В качестве установки для экспериментов был выбран наиболее простой в плане конструкции и производства пассивный теплогенератор изображенный на рис. 1, известный также как «вихревой теплогенератор Потапова». Подобные аппараты на таких энергоемких процессах, как снижение микробиологической обсемененности, требующих по традиционной технологии нагрева до высоких температур, способны значительно снизить затраты на их проведение. Учитывая способность насыщенных рассолов, применяемых при производстве мясопродуктов, сохранять текучесть даже при низких температурах (т.е. не замерзать), нами предлагается использовать это свойство для нагрева посолочного рассола в вихревом теплогенераторе от отрицательной температуры до температуры, установленной технологической инструкцией на данную операцию. При проведении исследовательской работы на первом этапе планируется установить следующие показатели:

- оптимальную температуру обработки среды;
- оптимальные режимы обработки рассолов, направляемых непосредственно на технологическую операцию;
- оптимальные показатели геометрических параметров, и, прежде всего, непосредственно обтекаемых гидродинамическим потоком внутренних элементов конструкции.

### Литература

1. Margulis M.A. Sonochemistry and Cavitation. - London: Gordon & Breach, 1995.
2. Шестаков, С. Д. Основы технологии кавитационной дезинтеграции. Теория кавитационного реактора. - М.:ЕВА - пресс, 2001.

3. Рогов, И. А. «Надтепловое» изменение термодинамического равновесия воды и водных растворов: заблуждение и реальность // Хранение и переработка сельхозсырья. 2004. № 7, № Ю. С. 24-28, 9-13.

4. Патент RU 2131094, 14.04.1997.

5. Шестаков, С. Д. Энергетическое состояние воды и ее связываемость, биополимерами пищевого сырья: новые возможности // Хранение и переработка сельхозсырья. 2003. №4. С. 35-37.

6. Шестаков, С. Д. Кавитационный реактор как средство приготовления и стабилизации эмульсий для хлебопекарной промышленности // Хранение и переработка сельхозсырья. 2003. № 3. С. 27-30.

7. Геллер, С. В. Гидродинамические источники тепла // Нефтегазовое дело. Электронный научный журнал. Выпуск 1/2006,

<<http://www.oigbus.ru/authors/Geller/Geller1.pdf>>.

8. Патент RU 2045715, 10.10.1995.

9. Патент RU 2222952, 29.07. 2002.

10. Головнев, А. Н. Пастеризация и стерилизация с помощью роторных нагревателей // Переработка молока. 2007. №9. С. 10-11.

11. Михалкина, Г. С. Пастеризация молока и сыворотки в супер-кавитирующем аппарате роторно-пульсационного типа // Молочная промышленность. 1999. №8. С. 32-33.



## WAYS OF USE OF EFFECT HYDRODYNAMICAL CAVITATION AT PROCESSING LIQUID FOOD ENVIRONMENTS

*E. A. Denisuk, the post-graduate student, the candidate of technical sciences, the professor;*

*S. P. Shevelev, Nizhniy Novgorod State Agricultural Academy, Nizhniy Novgorod*

**Annotation.** Hydrodynamical and acoustic navigation are considered and analysed. The area of expediency of application of various types cavitation is made. Diagrams of designs hydrodynamical warmgenerators and area of their application in meat, dairy manufacture and in technologies of processing of production plant growing are considered.

**The keywords.** Cavitation, acoustics, heating, hydrodynamics, warmgenerator.

## ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУР СЕРОГО ЧУГУНА В ЗОНЕ ЛАЗЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

*Ю. И. Матвеев, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Эксплуатации судовых энергетических установок» ГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»;*

*С. С. Казаков, ст. преподаватель кафедры «Тракторы и автомобили» ГОУ ВПО «Нижегородский государственный инженерно-экономический институт»*

**Аннотация.** В работе приведены исследования структурных превращений серого чугуна после лазерной

обработки. Изложены выводы по проведению обработки лазером деталей ЦПГ двигателей внутреннего сгорания.

**Ключевые слова:** лазерная обработка, серый чугун, микроструктура чугуна, упрочнение поршневых колец.

При обработке чугунов, используемых для изготовления ПК судовых дизелей, лазерным излучением, с оплавлением поверхностного слоя микроструктура зоны лазерного воздействия (ЗЛВ) неоднородна по глубине (рис. 1). В строении ЗЛВ можно выделить зону оплавления (ЗО) и зону закалки из твердой фазы (ЗТФ). Переходная зона, или зона отпуска, как это видно из рис. 1, в чугунах после лазерного воздействия выявляется редко. Зона термического влияния (ЗТВ) состоит лишь из ЗТФ.

В верхнем оплавленном слое (зоне оплавления) графит растворяется в расплаве и после охлаждения в зоне оплавления формируется структура белого чугуна. Затвердевание идет по метастабильной диаграмме «железо-цементит» без выделения свободного графита. Высокая скорость оплавления может приводить к отклонению от общей закономерности кристаллизации белых чугунов [1, 2].

В доэвтектическом белом чугуне кристаллизация начинается с выделения первичных зерен аустенита, а затем при температуре около 1147 °С идет образование эвтектики. В структуре ЗО трудно выделить избыточные зерна аустенита, здесь наблюдается тонкодисперсная смесь остаточного аустенита и цементита, имеющая дендритное строение. Из-за высокой скорости охлаждения кристаллизация избыточного аустенита подавляется, и весь расплав затвердевает эвтектически с образованием ледебурита.

Анализ микроструктуры ЗО в электронном микроскопе показал, что ледебурит преимущественно состоит из

цементита, который обуславливает высокую твердость ЗЛВ.

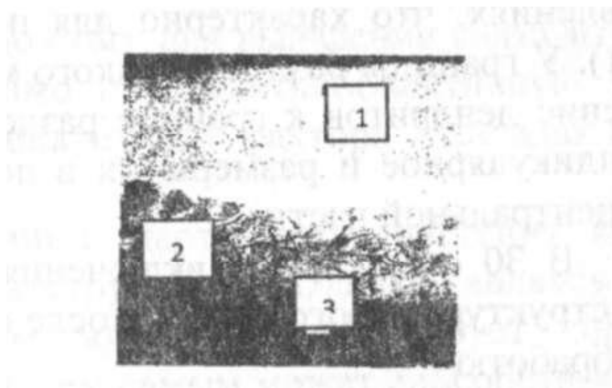


Рис. 1. Микроструктура зоны лазерного воздействия чугуна поршневых колец ОАО «Завод Нижегородский Теплоход»: 1 - зона оплавления; 2 - зона закалки из твердой фазы; 3 - основа чугуна

Эвтектическая кристаллизация доэвтектических чугунов способствует выравниванию концентрации кремния в зоне оплавления, а это приводит к смещению эвтектической точки на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C влево [1].

Микроструктурным анализом установлено, что структуры, образовавшиеся в результате лазерной обработки, при высоких скоростях нагрева и охлаждения (10 ...10) по сравнению с изотермической закалкой сильно различаются. В структуре чугуна после лазерной обработки наблюдаются две ярко выраженные зоны. В первой зоне 30 (охлаждение идет из жидкого состояния) при увеличении длительности травления в 4 % спиртовом растворе HNO<sub>3</sub> наблюдается ряд вытравленных ямок, ориентированных под углом (8... 15°) к поверхности, в виде эвтектических колоний цементита, определяющих кристаллизацию дендритов в этом направлении.

При кристаллизации расплава с обычными скоростями охлаждения наблюдается зона столбчатых кристал-

лов и усадочная раковина, которые не наблюдаются после лазерной обработки. Ближе к центральной части зоны оплавления кристаллизация дендритов протекает в различных направлениях, что характерно для первичного цемента (рис. 1). У границы раздела жидкого металла с твердым направлением дендритов к границе раздела преимущественно перпендикулярное и размеры их в несколько раз больше, чем в центральной части.

В ЗО отсутствуют включения графита, наблюдаемые в структуре серого чугуна после обычной изотермической обработки.

Графит полностью растворился в жидком металле, обогатив его углеродом. Повышенное содержание углерода в зоне оплавления подтверждается микрорентгеноспектральным анализом. Концентрация углерода до глубины 0,05 мм заметно увеличивается. Это связано с насыщением поверхностных и подповерхностных слоев углеродом из углеродосодержащей краски и частичному всплытию графита. Расчеты показывают, что в этой зоне содержится до 7 % углерода [3].

Распределение хрома и марганца в ЗО практически одинаково. Наблюдается незначительная ликвация кремния к поверхности ЗЛВ.

Твёрдость поверхностных слоев в оплавленной зоне достигает HV (10000... 12000) МПа и зависит от режимов лазерного упрочнения. На границе кристаллизации жидкого металла с нерасплавленным, а также в ЗО может образовываться некоторая пористость (рис. 2). Сфероидальная форма пор свидетельствует об их образовании в результате выделения газов, адсорбированных графитом при кристаллизации чугуна.

Зона термического влияния состоит из мартенсита, аустенита и пластинчатого графита (рис. 3). Твёрдость

структурных составляющих ЗТФ несколько меньше, чем в ЗО и достигает HV (8000... 11000) МПа.

Имеется достаточно много публикаций с самыми противоречивыми сведениями о влиянии аустенита на износостойкость [1]. Поэтому для выявления связи износа со структурой необходимо определить объективную закономерность влияния конкретного фактора отдельно взятого состава сплавов.

По сравнению с мартенситом аустенит является менее износостойкой структурой. Однако, являясь значительно более вязким, аустенит способствует хорошему удержанию карбидов, тем самым может способствовать повышению износостойкости и усталостной прочности. Остаточный аустенит, не претерпевающий превращений в процессе изнашивания, приобретает ячеистую структуру, способствующую увеличению равномерности распределения дислокаций.

Установлено, что чугуны с нестабильной аустенитной матрицей проявляют значительно более высокую износостойкость, по сравнению ее сплавами, имеющими стабильную основу.

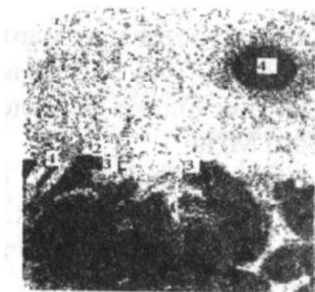


Рис. 2. Микроструктура нижней части зоны оплавления и зоны закалки из твердой фазы (x 600)

- 1 - мартесит+ледебурит;
- 2 - мартенсит+аустенит;
- 3 - тростомартенсит;
- 4 - включения графита



Рис.3. Микроструктура границы зон оплавления и закалки из твердой фазы (x 800)

- 1 - мартесит+аустенит;
- 2 - мартенсит;
- 3 - аустенит;
- 4 - графит

Высокую износостойкость таких сплавов можно объяснить значительными изменениями, происходящими в их поверхностных слоях в результате внешних воздействий при трении; превращение аустенита в мартенсит, появление внутренних сжимающих напряжений, выделение гонко-дисперсных карбидов со плоскостям скольжения, перераспределение количеств структурных составляющих и т.д.

В белых чугунах аустенит, полученный при кристаллизации, устойчивее вторичного, выделяющегося при аустенитизации. Пониженную устойчивость аустенита можно объяснить накоплением дефектов кристаллического

строения во время фазовых превращений в твердом состоянии с меньшей концентрацией углерода.

Низкоуглеродистые белые чугуны по результатам исследований [1] дали основания подразделить их на следующие группы по степени повышения износостойкости:

- с уменьшением объемов бывших аустенитных участков и увеличенным количеством эвтектики;

- с наиболее высокой твердостью бывших аустенитных участков;

- с увеличенной микротвердостью бывших аустенитных участков, максимально приближающиеся к твердости цементита, а также ее значительным содержанием вторичных карбидов и уменьшенным количеством эвтектики.

Микротвердость бывших аустенитных участков можно увеличить с помощью термической обработки, однако, объёмная изотермическая закалка чугуна представляет определенную трудность, сопровождается возникновением микротрещин и приводит к снижению стойкости при повторных динамических ударных нагрузках. Недостатком объёмной закалки чугунов является также то, что наблюдается преимущественная растворимость карбидообразующих элементов в цементите; концентрация же их в аустените незначительна, что не обеспечивает его переохлаждения и образования мартенситной структуры. Эта проблема решается с помощью лазерного упрочнения.

Однако при малых скоростях лазерной обработки и высокой плотности мощности лазерного излучения в оплавленном слое ЗО увеличивается вероятность трещинообразования. Кроме того, чрезмерное увеличение плотности мощности лазерной обработки вызывает появление дефектов в ЗО «капельного вида» [4], что отрицательно сказывается на качестве рабочей поверхности (возрастает шероховатость, снижается усталостная прочность поверх-

ностных слоев обрабатываемого материала). Наличие аустенитных участков, как показали исследования, не только повышает износостойкость трущихся рабочих поверхностей, но и уменьшает вероятность возникновения вышеназванных дефектов в ЗЛВ при лазерной обработке серых чугунов.

При лазерной обработке серых чугунов с оплавлением поверхностного слоя в ЗЛВ чётко просматривается граница в виде неровной линии между ЗО и ЗТФ.

Это обусловлено эффектом «контактного плавления». Данная особенность объясняется тем, что металлическая или ферритная матрица около графитных включений насыщается углеродом, и температура её плавления понижается согласно диаграмме «железо-углерод».

Вся ЗТФ имеет очень неоднородную структуру. Ниже линии оплавления имеется светлая полоса шириной (10...20) мкм, которая свидетельствует о том, что здесь имело место значительное насыщение матрицы углеродом из графитных включений. При насыщении до формирования аустенитоцементитной структуры микротвердость этой полосы весьма высока и достигает микротвердости ЗО. При насыщении до формирования аустенитоцементитной структуры с большим количеством остаточного аустенита микротвердость несколько понижается.

В средней области ЗТФ наблюдается чередование светлых и тёмных участков. Это объясняется тем, что матрица на различном расстоянии от графитных включений насыщается углеродом до разного уровня.

При этом возникает вероятность и микрооплавления самой матрицы. Полное растворение графитных включений возможно только при лазерной обработке с малой скоростью. По мере увеличения расстояния от графита может образовываться целый ряд структурных составляющих: твердая аустенитноцементитная и менее твердая ау-



стенитномартенситная структура, которые имеют светлый оттенок. Благодаря образованию этих структур при насыщении углеродом металлической матрицы происходит упрочнение ЗТФ серых чугунов или упрочнение этих чугунов без макрорасплавления поверхности.

В чугунах с перлитной основой или сорбитной матрицей на большом расстоянии от графита образуется тёмная структура мартенсита или тростомартенсита. В чугунах с ферритной матрицей образуется ферритная структура с меньшей твёрдостью.

При увеличении скорости обработки количество аустенитноцементитной структурной составляющей в ЗТФ уменьшается, а мартенситной увеличивается. Это объясняется тем, что матрица меньше насыщается углеродом из графита и из растворяющегося вторичного цементита. Однако в нижней области ЗТФ усиливается структурно-концентрационная неоднородность, т.к. появляется нерастворённый цементит.

Проведённый анализ ЯГР-спектров  $Fe_{57}$  после лазерной обработки серых перлитных чугунов с оплавлением поверхности позволил установить, что в поверхностном слое толщиной 1 мкм 30 содержится  $(20 \pm 5)$  % мартенсита,  $(20 \pm 5)$  % аустенита и  $(60 \pm 5)$  % цементита.

Послойным фазовым анализом установлено, что с увеличением толщин снятого слоя ЗЛВ количество цементита и аустенита уменьшается, а содержание мартенсита повышается. Анализ спектров, полученных при регистрации конверсионных электронов, показал, что в поверхностном слое толщиной 0,1 мкм наблюдаются линии, соответствующие оксидам железа  $FeO$ ,  $Fe_3O_4$ ,  $Fe_2O_3$  - Суммарное содержание оксидов в этом слое составляет  $(40 \pm 2,5)$  %, аустенита (10... 15) %, мартенсита (20...25) % и цементита (30...35) %. Образование оксидов на поверхности

слоя такой толщины объясняется воздействием кислорода атмосферы на расплавленный металл.

На рентгеновских дифрактограммах и рентгенограммах наблюдаются несколько отражений, которые не соответствуют ниодой из вышеперечисленных фаз. Расчётные данные межплоскостных расстояний для этих отражений сопоставляли с имеющимися в литературе, и анализ показал, что в ЗО присутствуют метастабильные фазы, которые при обычной изотермической обработке не наблюдаются.

Кристаллизация в условиях сверхвысоких скоростей охлаждения приводит к образованию метастабильного аустенита и  $\epsilon$ -фазы. Метастабильный аустенит не снижает высокой твёрдости поверхности ЗЛВ, его микротвёрдость составляет HV (11000... 12000) МПа. В структуре ЗО наблюдаются ячейки с тёмными точками, напоминающие эв-тектоидный графит в основной массе эвтектического цемента.

После двукратного отпуска при 300 °С в течение 1,5 часов интенсивность отражений этих фаз резко уменьшается, твёрдость при этом практически не изменяется. Отсутствие метастабильных фаз на спектрах ЯГР объясняется тем, что исследовали массивные образцы с наложением дорожек лазерного излучения, приводящих к отпуску упроченного слоя.

На рентгенограммах, снятых в  $\text{CO}_2$  излучении ЗО серого чугуна после обработки непрерывным  $\text{CO}_2$ -лазером, имеются линии  $\gamma$ -Fe,  $\alpha$ -Fe,  $\text{Fe}_3\text{C}$  и C. Анализ рентгенограммы показывает, что количество аустенита в серых чугунах, обработанных  $\text{CO}_2$  - лазером, колеблется в пределах (25...65) %, цемента - (10...45) %,  $\alpha$ -Fe - (5...50) %. С увеличением скорости лазерной обработки количество  $\alpha$ -Fe увеличится, а  $\gamma$ -Fe уменьшается. Наличие  $\alpha$ -Fe в ЗЛВ можно объяснить тем, что аустенит в процессе закалки частич-

но превращается в мартенсит. В ЗО могут присутствовать в небольшом количестве включения графита, что связано с неполным его растворением, а также всплытием из нижних слоев.

Наличие графита в ЗО способствует порообразованию и снижает микротвердость поверхностных слоев ЗЛВ. Наибольшее количество пор образуется при высокой скорости обработки и высокой плотности мощности излучения.

Для уменьшения порообразования в ряде случаев рекомендуется предварительное вакуумирование деталей перед лазерной обработкой или рафинирование жидкого чугуна перед заливкой в форму при получении заготовки. Однако, это значительно усложняет технологический процесс. Более простым приёмом для уменьшения количества пор в ЗО является понижение плотности мощности излучения и скорости обработки. В этом случае уменьшается вероятность образования трещин, которые являются наиболее распространённым видом дефектов при обработке деталей с оплавлением поверхностного слоя.

В верхней части ЗТВ матрица вокруг графита оплавляется и насыщается углеродом. Исследованиями установлено, что в ЗТФ формируются отдельные области следующих структурных составляющих: вблизи графита образуется светлый слой, очевидно с преобладанием цементита, далее пластинчатый ледебурит, ледебурит и аустенит, затем однородная область аустенита (серого цвета) и, наконец, аустенитно-мартенситная игольчатая структура.

При малых размерах пластин графит может полностью растворяться, цементитная структура или чисто ледебуритная структура могут отсутствовать.

В нижней части ЗТФ, где насыщение матрицы из графита очень незначительно, структура представляет со-

бой мартенсит и остаточный аустенит. Около границы с исходным металлом процесс аустенизации перлита не завершён, здесь можно наблюдать нерастворённые частицы цементита.

Увеличение скорости лазерной обработки приводит к уменьшению степени насыщения углеродом матрицы вокруг графитных включений в верхней части ЗТФ. В нижней части ЗТФ возрастает незавершенность аустенизации при нагреве, поэтому твёрдый раствор меньше насыщается углеродом. В результате среднее значение микротвердости в этом случае заметно понижается.

Лазерная обработка чугунов без оплавления поверхности имеет свои особенности. Изучение структуры серых чугунов с использованием металлографического, рентгеноструктурного методов ЯГР-спектроскопии позволило установить, что в ЗЛВ в этом случае образуются в основном аустенитно-мартенситные структуры с преобладанием мартенсита. При этом могут образовываться тонкодисперсные продукты распада аустенита в виде изолированных участков, окружающих графитные включения. Положительным фактором обработки без оплавления поверхности является отсутствие дефектов в ЗЛВ при неизменной микрогеометрии упрочнения самой поверхности. Однако, в этом случае трудно получить стабильность структурных составляющих в ЗЛВ. Глубина упрочняемого слоя при этом составляет (0,1 ... 0,2) мм.

На основании результатов проведённых исследований, учитывая производственные технологические особенности изготовления деталей ЦПГ СОД, сделан вывод, что упрочнение ПК СОД необходимо производить лазерной обработкой с оплавлением рабочей поверхности.

## Литература

1. Лахтин, Ю. М. Металловедение и термическая обработка металлов. М.: Машиностроение, 1976. - 360 с.
2. Рыкалин, Н. Н. Лазерная обработка материалов. - М.: Машиностроение, 1975. - 296 с.
3. Чеканова, Н. Т. Исследование влияния мощного CO<sub>2</sub> - лазера и свойства чугунов, применяемых в автомобилестроении: Дисс. ... канд. тех. Наук. - Завод ВТУЗ при Моск. автом. з-де им. И.А. Лихачева, 1981. - 187 с.
4. Матвеев, Ю. И. Упрочнение поршневых колец лазерной обработкой. Тезисы докладов. / Материалы международной научно-практической конференции Н.Новгород, НГТУ, 1994. - 91 с.

## FORMATION OF STRUCTURES OF GREY PIG-IRON IN THE ZONE OF LASER INFLUENCE

*Y. I. Matveev, the doctor of technical sciences, the professor, manager of the chair «Operation of ship power installations» the Volga state Academy of a sailing charter;*

*S. S. Kazakov, the senior teacher of the chair ((Tractors and cars» the Nizhniy Novgorod state engineering-economic Institute*

**Annotation.** In work researches of structural transformations of grey pig-iron after laser processing are resulted. Conclusions on carrying out of processing by the laser of details TSPG of internal combustion engines are stated.

**The keywords.** laser processing, grey pig-iron, a microstructure of pig-iron, hardening of piston rings.

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРОМЫВКИ МОЛОКОПРОВОДА ДОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

*В. В. Кирсанов, д.т.н., профессор кафедры ФГОУ  
ВПО «Технология и механизация животноводства» МГЛУ  
им. В. П. Горячкина;*

*В. Ю. Матвеев, аспирант, старший преподаватель  
кафедры «Организация и технология ремонта машин»  
ГОУВПО НГИЭИ*

**Аннотация.** На процесс мойки оказывают влияние различные факторы, важнейшим из которых является гидродинамический. В настоящее время для очистки молокопроводов от жировых и белковых отложений используют различные технологии промывки. Предлагаем для снижения затрат на мойку использовать устройство для очистки с активными рабочими органами, которое выполняет не только линейное, но и вращательное движение чистящих элементов.

**Ключевые слова:** доильная установка, интенсификация промывки, приводной элемент, воздушный поток, белково-жировые отложения.

Важнейшим фактором процесса мойки является гидродинамический фактор воздействия потока жидкости на частицы грязевых отложений молокопровода доильных установок. Рассмотренные в предыдущем разделе схемы циркуляционной промывки молокопроводов позволяют интенсифицировать движение жидкости за счет порционного впуска воздуха в систему с целью ускоренного движения газожидкостной пробки моющего раствора.

Следующим фактором интенсификации является стабилизация температурного режима мойки за счет подогрева моющего раствора. Такие системы имеют современные автоматы промывки, разработанные ведущими фирмами - производителями доильного оборудования. Однако, это требует значительных дополнительных затрат энергии на подогрев жидкости, температура которой снижается до 35...40 °С в процессе циркуляции по молокопроводу доильной установки, особенно при промывки длинных стойловых молокопроводов, когда протяженность обеих линий составляет более 300 м (в комплектации на 200 голов).

Так, автомат промывки «Турбостар» фирмы «Westfalia Surge» оснащен комплектом ТЭНов, мощностью 24 кВт, что в 2,5 раза превышает мощность вакуумных установок, используемых на установках типа «молокопровод - 200». К тому же следует отметить значительный расход воды и моющих средств, используемых для промывки оборудования. Рекомендуемые вместимости большинства автоматов промывки составляет 150...200 литров, что предполагает при 3-х фазном цикле после доильной промывки (ополаскивание - мойка - ополаскивание), как минимум расходовать 500-600 л воды за цикл промывки, не считая преддоильного ополаскивания холодной водой. Весьма значителен и расход моющих средств, который исчисляется сотнями килограммов. Несмотря на тщательное ополаскивание, в труднодоступных участках остается незначительное количество моющего раствора, попадающего впоследствии в молоко. Особенно опасно попадание дезинфицирующих моющих средств на основе активного хлора, который, как известно, вызывает онкологические заболевания. В ряде сельскохозяйственных технологий уже отказались от использования его в качестве дезинфицирующего средства, например, при обработке куриных тушек.

Исходя из вышеизложенного, необходимо разработать новые инновационные энергосберегающие и экологически безопасные технологии очистки и дезинфекции доильных установок на основе комплексного воздействия гидромеханических факторов и других факторов например, озонирования или ультрафиолетовой обработки уже очищенных поверхностей.

Рассмотрим подробнее интенсификацию гидромеханического фактора очистки. Одним из перспективных методов интенсификации является разработка устройства с вращающимися рабочими органами.

Некоторые исследователи предлагали в качестве интенсификатора потока создавать винтовое движение жидкости за счет установки в трубопровод специальных завихрителей. Однако данный эффект оказался малозначительным и действовал лишь на начальном участке движения жидкости, переходя в последствии в обычный режим.

Чистящий эффект поролоновых пыжей не раз подчеркивался исследователями и машиноиспытателями при госиспытаниях доильных установок. Однако, пыж в основном выполняет функцию удаления остатков продукта и моющих средств из молокопровода. Поэтому нами была поставлена задача разработать устройство с вращающимся «пыжом» или другим чистящим устройством, которое совершало как поступательное, так и вращательное движения, создавая эффект «щетки», одной из самых эффективных очистителей различных поверхностей. При этом возможны различные варианты привода очистителя: электрический, гидравлический и пневматический. Наиболее естественным является пневматический привод от движущегося потока воздуха, под действием разряжения, создаваемого в молокопроводе. Нами было разработано устройство для очистки молокопроводов доильных установок.



Известно, что для очистки молокопроводов от жировых и белковых отложений используются различные технологии промывки.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому изобретению являются упругие пробки [1]. Сущность работы упругих пробок состоит в том, что она движется по молокопроводу, убирая молочно-белковые загрязнения за 5-6 проходов [2].

Недостатком прототипа является то, что они во время движения имеют преимущественно линейное движение и относительно быстро изнашиваются.

Задачей, на решение которой направлена заявляемая полезная модель, является возможность убирать белково-жировые отложения за один проход, что позволяет значительно снизить количество моющих веществ при промывке молокопровода.

Указанная задача достигается тем, что устройство совершает вращательные движения, за счет чего чистящее устройство более тщательно убирает белково-молочные отложения.

Решение поставленной задачи становится возможной потому, что устройство имеет приводной элемент (1), который при помощи соединительного звена (2) приводит во вращательное движение чистящие элементы (1) (рис. 1).

Устройство для очистки молокопровода работает следующим образом: вакуум давит на приводной элемент (1), увлекая его за собой и приводит его во вращательное движение, он, в свою очередь, через соединительное звено (2) передает это вращательное движение чистящим элементам (3).

Теоретически данное устройство может быть рассчитано на основе теории осевых вентиляторов и винтовых двигателей, создающих воздушный поток вращающимся винтом. В рассматриваемом нами случае решается обрат-

ная задача, когда приводной элемент, воспринимая воздушный поток, заставляет вращаться чистящее устройство (пыж), имеющее внутренние каналы для отвода воздуха. При этом «пыж» под действием перепада давлений совершает так же поступательное движение по трубопроводу.

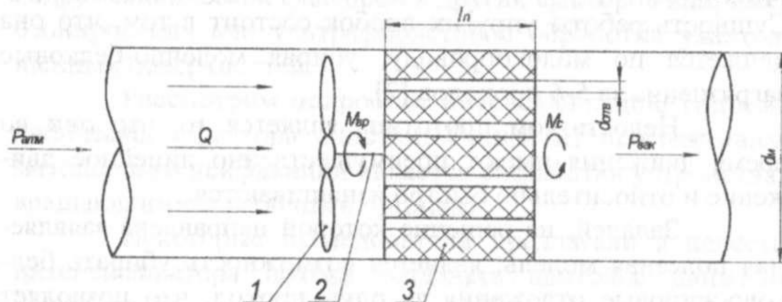


Рис. 1. Схема расчета устройства очистки молокопровода:

- 1 - приводной элемент; 2 - соединительное звено;  
3 - устройство очистки

В этом случае расход моющего раствора нужен только для «смазывающего» эффекта, который будет помогать вращаться пыжу, совершая винтовое движение и эффективно очищая внутреннюю поверхность молокопровода.

Воздушный поток «Q» воздействует на приводной элемент (1), выполненный в виде лопастного вентилятора, создает вращательный момент « $M_{вр}$ », который через соединительное звено (2), приводит во вращательное движение устройство очистки - пыж, в котором выполнены внутренние каналы для прохода воздушного потока. Очевидно., что справа от устройства в трубопроводе действует вакуумметрическое давление  $P_{вак}$ , а слева на устройство конца трубопровода будет действовать атмосферное давление  $P_{атм}$ . Скорость воздушного потока, поступающего на приводной элемент, будет пропорциональна разности давлений ( $P_{атм} - P_{вак}$ ).

Условное вращение потока запишется следующим образом:

$$M_{\text{вр}} > M_{\text{с}},$$

где  $M_{\text{вр}}$ ,  $M_{\text{с}}$  - соответственно вращательный момент, создаваемый приводным элементом и момент сопротивления потока.

Таким образом, устройство для промывки молокопроводов доильных установок состоит из приводного элемента, соединительного звена и одного-пяти чистящих элементов. Устройство функционально отличается тем, что имеет приводной элемент, который обеспечивает не только линейное, но и вращательное движение чистящих элементов, которые позволяют за счет вращения очищать молокопровод от загрязнений за один проход, что помогает снизить количество моющих средств и воды.

### Литература

1. Жмырко, А. М. Усовершенствованная система мойки молокопроводов увеличенного диаметра // Научная молодежь - Агропромышленному комплексу. - зерноград, 2003. - 128-130 с.

2. Жмырко, А. М. Обоснование параметров и режимов работы системы мойки молокопровода доильных установок для доения коров в стойлах: Дис. ... канд. техн. наук. - зерноград, 2005. - 159 с.

## THE INTENSIFICATION OF SYSTEM OF WASHING MILK CONDUCTOR OF THE MILKING MACHINES

*V. V. Kirsanov, the doctor of technical sciences, the professor of the chair FGOU VP O ((Technologies and mechanization of animal industries)) MGA U by V. P. Gorjachkin;*

*V. Y. Matveev, the post-graduate student, the senior teacher of the chair ((The Organization and technology of car repair» the Nizhniy Novgorod state engineering-economic institute*

**Annotation.** Process of a sink is influenced with various factors, major of which is hydrodynamical. Now for clearing milk conductors from fatty and albuminous adjournment various technologies of washing are used.

We offer for decrease in expenses for a sink to use an arrangement for clearing with active working bodies which carries out not only linear, but also rotary motion of cleaning elements.

**The keywords.** A milking machine, an intensification of washing, driving element, airflow, albumen-fatty adjournment.

## АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПЛОХО ОБТЕКАЕМЫХ ТЕЛ

*Е. В. Королев, к.т.н. доцент кафедры «Тракторы и автомобили» ГОУ ВПО «Нижегородский государственный инженерно-экономический институт»;*

*Р. Р. Жамалов, аспирант кафедры «Тракторы и автомобили» ГОУ ВПО «Нижегородский государственный инженерно-экономический институт»*

**Аннотация.** Проанализированы составляющие полного аэродинамического сопротивления автомобиля. Уточнены величины этих составляющих. Представлены значения коэффициентов лобового сопротивления воздуха для различных геометрических тел. Проведен анализ аэродинамического сопротивления плохо обтекаемых тел.

**Ключевые слова:** коэффициент лобового сопротивления воздуха, плохо обтекаемые тела, сопротивление формы, индуктивное сопротивление, профильное сопротивление, сопротивление поверхностного трения, сопротивление внутренних потоков, интерференционное сопротивление.

Величина аэродинамического сопротивления современного легкового автомобиля постоянно уменьшается, практически приближаясь к значениям для хорошо обтекаемых тел, например, летательных аппаратов. Тем не менее, легковые автомобили нужно отнести к плохо обтекаемым телам, так как основную долю их аэродинамического сопротивления составляет не сопротивление трения, а сопротивление давления.

О величине аэродинамического сопротивления обычно имеют представление по безразмерному коэффициенту сопротивления воздуха обтекающего данное тело -

$C_x$ . Аэродинамическое сопротивление автомобиля пропорционально величине коэффициента  $C_x$ , площади наибольшего поперечного сечения и квадрату скорости.

В городских условиях собственно на движение автомобиля расходуется 12 % мощности двигателя (3,2 % на сопротивление воздуха, 2,4 % на сопротивление дороги, 6,4 % на сопротивление разгону). Таким образом, потери составляют 88 % (42 % - система охлаждения, 22 % - отработавшие газы, 13 % - потери на трение в двигателе, 9 % - потери в трансмиссии, 2 % - привод вспомогательного оборудования).

Если сопротивление воздуха растет с квадратом скорости, то затраты мощности двигателя являются функцией куба скорости.

Если величина коэффициента  $C_x$  равна примерно 0,4, то при скорости 11,1 м/с (40 км/ч) затраты на преодоление сопротивления воздуха составляют 0,5 - 0,7 кВт (0,7 - 0,9 л.с), при скорости 22,2 м/с (80 км/ч) - 3,7-5,2 кВт (5 - 7 л.с), 33,3 м/с (120 км/ч) - 13,3-17,8 кВт (18-24 л.с), 44,4 м/с (160 км/ч) - 31,8-42,2 кВт (43 - 57 л.с).

Для легковых автомобилей 20-х годов прошлого столетия средняя величина  $C_x$  составляла примерно 0,8, для 70 - 80-х годов - 0,46. Позднее, до конца столетия, величина коэффициента  $C_x$ , по анализу авторов статьи, ежегодно уменьшалась в среднем на величину 0,006.

В настоящее время для серийных автомобилей величина коэффициента  $C_x$  равна 0,30 и не является редкостью.

Известно, что снижение величины коэффициента  $C_x$  на 10 % снижает расход топлива на 3-5%.

Представление о величинах действующих сил давления на автомобиль можно составить по следующим фактам: при скорости 28 м/с на лобовое стекло автобуса или грузового автомобиля действует давление 112 кгс. При

скорости 40 м/с на заднее стекло или на крышку багажника легкового автомобиля действует выдавливающая сила примерно 40 кгс

Воздух оказывает сопротивление движению автомобиля ГАЗ-3ПО на скорости 40 м/с (144 км/ч) с силой 990 Н. Подъемная сила, действующая на автомобиль, составляет 673 Н. На автомобиль ВАЗ-2115 при той же скорости действует сила сопротивления равная 643 Н и подъемная сила 287 Н.

Аэродинамическое сопротивление представляет сумму составляющих его сопротивлений - формы индуктивного, поверхностного (трения), интерференционного и внутренних потоков.

Сопротивление формы, вызываемое перепадом давления воздуха на поверхности кузова, составляет 50 -85 % от общего аэродинамического сопротивления.

Сопротивление поверхностного трения вызывается силами вязкости пограничного слоя, определяющих потери скорости потока. В ламинарном пограничном слое отсутствует взаимное проникновение различных слоев воздуха. Турбулентный, где он есть, более толстый и обладает большим сопротивлением. Поверхностное трение является функцией площади поверхности автомобиля, ее шероховатости. Сопротивление трения воздуха о поверхность кузова составляет 3-10 %. Оно зависит, прежде всего, от площади поверхности кузова и качества его покрытия.

Сопротивление внутренних потоков выражается в виде потерь энергии внутреннего потока. Существует связь между сопротивлениями формы и сопротивлением внутренних потоков, выражающихся в изменении линий тока. Для снижения этого сопротивления следует уменьшать площадь отверстий для входа воздушного потока в моторное отделение (при переднем расположении двигателя) и плавно изменять направление движения внутренних

потоков, что затруднительно из-за компоновочных требований. Внутреннее сопротивление, возникающее при прохождении воздуха через системы двигателя, отопления и вентиляции кузова, составляет 10-20 %. С течением времени при уменьшении величины коэффициента  $C_x$  доля внутреннего сопротивления должна возрасти в силу того, что система охлаждения требует постоянного объема воздуха, т.е. сила сопротивления внутренних потоков практически остается постоянной, но, доля увеличивается.

Под профильным сопротивлением понимают аэродинамическое сопротивление бесконечно широкого геометрического тела (например, автомобиля), т.е. оно не зависит от его ширины и является постоянной величиной для данной формы, профиля. Модель легкового автомобиля бесконечной ширины - вещь абстрактная. Величина профильного сопротивления определяет минимально возможное аэродинамическое сопротивление при конкретной постоянной геометрии формы профильного сечения модели. Величина профильного сопротивления составляет 85 % от общего аэродинамического сопротивления.

Возникновение индуктивного сопротивления у легкового автомобиля объясняют аналогией его с крылом конечного размаха. Из-за разности давлений на поверхности легкового автомобиля и под ним образуются вихри, сбегющие с задних кромок кузова. Эти вихри индуцируют вертикальные скорости потоков. Индуцированные скорости вызывают появление скаса воздушного потока у модели, следовательно, и составляющей подъемной силы - индуктивного сопротивления. Величина индуктивного сопротивления составляет 7-10 % от общего аэродинамического сопротивления.

Использование известной теории индуктивного сопротивления применительно к легковому автомобилю, как показывает практика, неприемлемо. Вызывается это рядом



причин. Величина профильного сопротивления легкового автомобиля значительно выше индуктивного сопротивления. Влияние сбегающих вихрей для легкового автомобиля, имеющего малое соотношение ширины кузова к его длине, на эффект взаимодействия их с основными воздушными потоками имеет большее значение, чем, например, для крыла самолета.

Соотношения габаритных размеров в продольном сечении крыла и легкового автомобиля различны. Влияние близости земли также воздействует на вихреобразование в задней части автомобиля, на распределение индуцируемых скоростей по его ширине.

Интерференционное сопротивление (15-17 %) обусловлено наличием различных выступающих деталей на поверхности кузова - дверных ручек, рычагов стеклоочистителей, антенн, наружных зеркал, номерных знаков и т.п. Возмущения, вносимые этими деталями, взаимодействуют с основным воздушным потоком. Взаимодействие приводит к возрастанию сопротивления на величину, которая может значительно превышать силу сопротивления этих элементов в отдельности.

Снижению интерференционного сопротивления способствуют различные мероприятия - тщательная аэродинамическая проработка формы наружного зеркала, которое становится частью кузова; расположение рычагов стеклоочистителей в нерабочем положении под заднюю часть капота; удаление водосточных желобов; установка стекол заподлицо с поверхностью кузова с клеевым креплением и т.д. Выступающими частями являются также элементы подвески, корпуса силовых агрегатов, лонжероны кузова. Сопротивление выступающих частей днища составляет порядка 10 %.

Для плохообтекаемых тел в сопротивление формы входит донное сопротивление, вызванное наличием спут-

ного следа. Донное сопротивление возникает в результате отрицательных давлений в спутной струе, интегрированных по донной площади. Близость земли способствует увеличению донного сопротивления в отличие от индуктивного сопротивления, которое уменьшается.

Скорость воздушного потока вблизи модели выше, а за автомобилем в спутном следе - меньше. Эффект подъемной силы наиболее сильно проявляется при малых скоростях воздушного потока. Это подтверждается экспериментальным путем - весовая вертикальная нагрузка на задней части модели автомобиля выше, чем на передней. И она более чувствительна к изменениям геометрии формы кузова.

Донное сопротивление по различным источникам составляет порядка 10 %. Малый объем знаний о составляющих аэродинамического сопротивления препятствует появлению новых расчетных методов, необходимых на стадии проектирования автомобилей. Особенно это относится к донному сопротивлению, его влиянию на индуктивное и профильное сопротивления.

Представленные выше численные значения составляющих полного аэродинамического сопротивления взяты из различных научно-технических публикаций. В них не указаны методы, способы определения этих численных значений. Исключением являются профильное и индуктивное сопротивления, определенные авторами статьи методом последовательных приближений.

Предполагаем, что для некоторых составляющих аэродинамического сопротивления величины определялись анализом аэродинамических сопротивлений известных простейших геометрических тел - пластин, шара, цилиндров, параллелепипедов и др.

Проведем и мы анализ аэродинамических показателей различных геометрических тел. В табл. 1 представлены

результаты исследований в аэродинамической трубе различных тел в свободном потоке, т.е. без экрана, имитирующего земную поверхность. В табл. 2 представлены результаты исследований в аэродинамической трубе различных тел в присутствии экрана, имитирующего земную поверхность.

Наибольшим сопротивлением обладает плоская пластина. У пластины, ориентированной перпендикулярно к воздушному потоку, наблюдается разброс значения коэффициента воздушного сопротивления  $C_x$  от 1,15 до 1,25. Вероятно, это объяснимо разницей в соотношении геометрических размеров. В этом случае величину сопротивления определяет сопротивление давления - спереди повышенное, за пластиной пониженное. В воздушном потоке за пластиной коэффициент давления  $C_p = - 1,2$ . За круглым диском коэффициент  $C_p = - 0,36$ . Коэффициент давления определяется разностью между давлением на поверхности тела и статическим давлением в окружающем потоке, отнесенной к динамическому давлению невозмущенного потока. У плоской пластины более высокое донное сопротивление, что подтверждает величина коэффициента давления. Пластина, установленная вдоль воздушного потока, имеет коэффициент сопротивления, равный коэффициенту  $C_x$  для объемных тел вращения - эллипсоиду, капле. Следовательно, и для плоской пластины, расположенной вдоль воздушного потока и для хорошо обтекаемых тел, величину аэродинамического сопротивления определяет сопротивление поверхностного трения. Установка перед круглой пластиной обтекателей в форме полусферы или различных конусов дает снижение  $C_x$  до 0,34. Таким образом, можно предположить, что для круглой пластины, установленной перпендикулярно к воздушному потоку, величина донного сопротивления составляет 29 % от общего.

Для обтекаемого тела вращения в свободном потоке донное сопротивление составляет 15-30 %, что значительно выше значений этого сопротивления, указанных в печати для легкового автомобиля.

Еще большую величину (80 %) имеет донное сопротивление параллелепипеда, помещенного в свободный воздушный поток. Отличие в значениях донного сопротивления от величины для автомобиля объяснимо большей величиной площади донного среза у тела вращения, а тем более у параллелепипеда. Площадь донного среза у легкового автомобиля не превышает половины площади его наибольшего сечения.

Для объемных прямоугольных тел без обтекателей величина коэффициента  $C_x$  равна примерно единице (0,902), что по отношению к пластине является меньшей величиной. И это несмотря на дополнительные сопротивления - сопротивление поверхностного трения и кромочное сопротивление. Под кромочным сопротивлением понимается сопротивление, вызванное наличием острых граней у тела, резким переходом от одной грани к другой. Форма параллелепипеда соответствует форме автобуса, минивэна. Установка вблизи опорной поверхности практически не изменяет величину аэродинамического сопротивления. Также не приносит заметных изменений установка на параллелепипед колес. Этим подтверждается тот факт, что изменение величины дорожного просвета не влияет на величину аэродинамического сопротивления. Величина подъемной силы в большей степени зависит от этого параметра. Известно, что по мере приближения параллелепипеда к опорной поверхности критическая точка перемещается от центра передней плоскости к нижней ее кромке, что приводит к отличию обтекания верхней и нижней поверхностей и, как следствие этого, появлению подъемной силы. Также экспериментально определено отсутствие

присоединения воздушного потока, оторвавшегося с передних кромок параллелепипеда, пока его длина не превышает 1.4 длины передней поверхности. Величину аэродинамического сопротивления для подобных тел в основном определяет донное давление.

Цилиндр с осью, ориентированной вдоль потока, имеет сопротивление примерно на 25 % большее, чем цилиндр с осью, перпендикулярной набегающему воздушному потоку. Это объяснимо большим давлением на плоскую переднюю часть цилиндра и большим объемом спутного следа.

Из анализа данных табл. 2 определяется существенное влияние формы передней части объемного тела на величину аэродинамического сопротивления. Если за отправную точку брать сопротивление параллелепипеда, то с изменением геометрии передней части, возможно, уменьшение коэффициента лобового сопротивления воздуха примерно вдвое. Еще на четверть возможно уменьшение коэффициента  $C_x$  изменением задней части.

Установка на модели колес увеличивает сопротивление, но незначительно. Предполагается, что вращение колес, возможно, это изменит.

Аэродинамическое сопротивление параллелепипедов зависит от соотношений его геометрических параметров - длины, высоты и ширины. Зависимость величины коэффициента  $C_x$  от этих соотношений была экспериментально определена Р. Бартом (рис. 1 и 2).

Величина коэффициента удлинения  $\lambda$  для легковых автомобилей изменяется от 2,2 до 3,5. При этих значениях  $X$  величина коэффициента  $C_x$  минимальна и ее можно считать постоянной (рис.1).

Величина коэффициента ширины  $B$  для реальных автомобилей составляет 1-1,5. На этом участке (рис.2) величина коэффициента  $C_x$  изменяется менее чем на 4 % и

это дает основание для практических расчетов принимать ее постоянной для автомобиля.

Интерес вызывает распределение набегающего на автомобиль воздушного потока. Это распределение зависит от формы передней части, местоположения застойной линии и величины дорожного просвета. Для легкового автомобиля воздушный поток распределяется следующим образом:

- 30-35 % верхний поток;
- 50 % боковые потоки;
- 5-10 % нижний поток, под днищем;

Перераспределение воздушных потоков, обтекающих автомобиль, влияет на смену режимов обтекания в его задней части и это следует учитывать при расчете аэродинамических характеристик.

Проведенный анализ составляющих аэродинамического сопротивления показывает, что для рассмотренных геометрических тел сопротивление поверхностного трения составляет 20 %, т.е. вдвое превышает указанную величину, приводимую в публикациях.

В этих публикациях доля донного сопротивления составляет 10 %, но для тел вращения эта доля - 30 %, а для параллелепипедов - до 80 %. Следовательно, требуется тщательное изучение механизма сопротивления и сну гной струе.

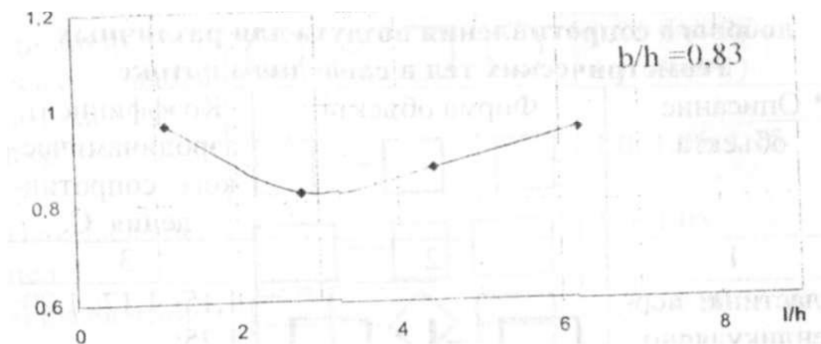


Рис. 1. Коэффициент сопротивления параллелепипеда в зависимости от удлинения:

$\lambda = l:h$  - коэффициент удлинения, где  $l$  - длина,  $h$  - высота

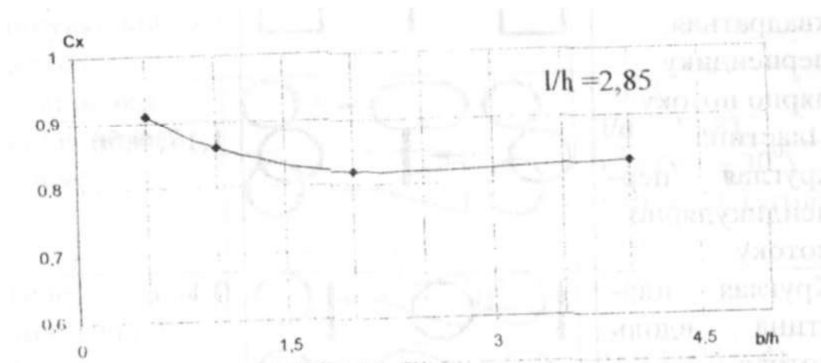


Рис. 2. Коэффициент сопротивления параллелепипеда в зависимости от коэффициента ширины:

$\beta = b:h$  - коэффициент ширины, где  $b$  - ширина,  $h$  - высота.


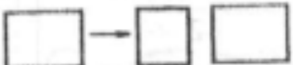


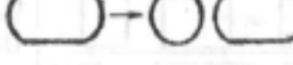
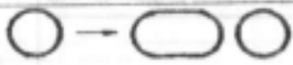
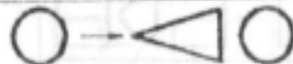


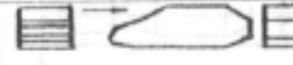
Таблица 1

**Значения коэффициента  
лобового сопротивления воздуха для различных гео-  
метрических тел в свободном потоке**

Описание объекта	Форма объекта	Коэффициент аэродинамичес- кого сопротив- ления $C_x$
1	2	3
Пластина, перпендикулярно к потоку		1,15; 1,17; 1,20; 1,25;
Пластина вдоль потока		0,05
Пластина квадратная, перпендикулярно потоку		0,64
Пластина круглая перпендикулярно потоку		1,17; 0,56
Круглая пластина вдоль потока		0,1
Шар (сфера)		0,25; 0,47
Полусфера		0,41; 0,42
Цилиндр с осью перпендикулярно к потоку		0,60; 0,80; 0,82; 0,90



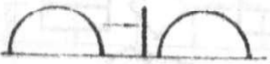

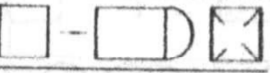
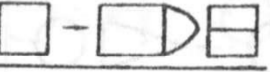

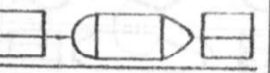
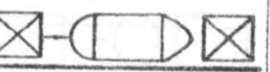
Продолжение таблицы 1

1	2	3
Цилиндр с осью вдоль потока		0,82 ( $l/d > 2$ ) 1,15 ( $l/d > 1$ )
Куб		1,0; 1,05; 1,15
Параллелепипед		1,0; 1,05
Параллелепипед		0,75; 0,80
Парашют		1,35
Эллипсоид с осью перпендикулярной к потоку		0,30 ( $l/d = 1,35$ )
Эллипсоид вдоль потока		0,035 ( $l/d = 1,18$ )
Конус		0,34 (угол $30^\circ$ ) 0,50, 0,51 (угол $60^\circ$ )
Тело вращения (капля)		0,34
Тело вращения (капля)		0,013 ( $l/d = 4$ ) 0,04 ( $l/d = 2,5$ )
Модель (М 1:5) с профилем ВЛЗ - 2108		0,347 ( $l/h = 2,96$ ) ( $b/h = 1,33$ )



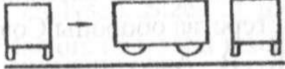

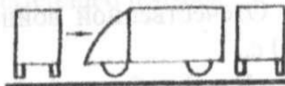
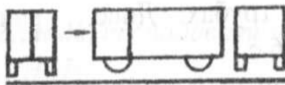
$\lambda = l:h$  - коэффициент удлинения, где  $l$  - длина,  $h$  - высота.  $\beta = b:h$  - коэффициент ширины, где  $b$  ширина,  $d$  - диаметр.

Таблица 2

**Значения коэффициента лобового  
сопротивления воздуха для различных  
геометрических тел в присутствии экрана**

Описание объекта	Форма объекта	Коэффициент аэродинамиче- ского сопротив- ления $C_x$
1	2	3
Пластина полукруглая, перпендикулярно к потоку		1,19
Параллелепипед		0,879; 0,902; 1,00 0,8-0,88 (l/h=2-5)
Параллелепипед с задним обтекателем		0,882
Параллелепипед с задним обтекателем		0,765
Параллелепипед с передним обтекателем		0,361
Параллелепипед с передним и задним обтекателями		0,255
Параллелепипед с передним и задним обтекателями		0,075

Продолжение таблицы 2

1	2	3
Модель (М 1:5) с профилем ВЛЗ – 2108 (l:h = 2,96) (b:h = 1,33)		0,37– 0,38 (зазор 32,5 мм): 0,37 (с колесами) 0,40 (зазор 5 мм)
Тело вращения		0,09 (l:d = 2,5)
Параллелепипед на колесах		0,86 (l:h = 3,1); 0,88; 0,902 (l:h = 5,2 b:h = 1,94)
Параллелепипед на колесах (угол скошенной поверхности 14°)		0,801 (l:h = 5,2 b:h = 1,94)
Параллелепипед с передним обтекателем (увеличение верхнего потока)		0,441 (l:h = 5,2 b:h = 1,94)
Параллелепипед с передним обтекателем (увеличение боковых потоков)		0,616 (l:h = 5,2 b:h = 1,94)

$\lambda = l:h$  - коэффициент удлинения, где  $l$  - длина,  $h$  - высота.  $\beta = b:h$  - коэффициент ширины, где  $b$  ширина,  $d$  - диаметр.

## Литература

1. Барт, Р. Влияние бокового ветра на аэродинамические силы, действующие на модели автомобилей и подобные им тела. // Аэродинамика автомобиля. - М.: Машиностроение, 1984.- С. 25-55.

2. Бирман. Течение вблизи плохо обтекаемых тел, применяемые к аэродинамике автомашины. // Труды общества инженеров-механиков США. Теоретические основы инженерных расчетов. - 1980. - Т. 102. № 3 - С. 85 - 87.

3. Зймелед, I . В, Теория автомобиля. - М.: военное издательство министерства обороны Союза ССР, 1957.

4. Келли, К. В, Аэродинамика для конструктора кузова автомобиля. // Аэродинамика автомобиля. М.: Машиностроение. ЮХ-4.

5. Королев, В. В. Параметрические аэродинамические исследования масштабных моделей легковых автомобилей. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию победы в Великой Отечественной войне - г. Княгинино: НГИЭИ, 2010.-220 с.

6. Королев, Е. В. Оценка и прогнозирование аэродинамических качеств легковых автомобилей на основе испытаний их масштабных моделей в аэродинамических трубах. Дисс... канд. техн. наук. -Горький, 1988.- 176 с.

7. Людвигсен, К. Е. Исторический обзор исследований по аэродинамике автомобиля. // Аэродинамика автомобиля. М.: Машиностроение, 1984.

8. Михайловский, П. В. Аэродинамика автомобиля. - М.: Машиностроение, 1973. - 224 с.

9. Павловский, Я. Автомобильные кузова. М.: Машиностроение, 1977.

## AERODYNAMIC RESISTANCE OF BADLY STREAMLINE BODIES

*E. V. Korolev, the candidate of technical sciences, the professor of the chair «Tractors and cars» the Nizhniy Novgorod state engineering-economic institute;*

*R. R. Zhamalov, the post-graduate student of the chair «Tractors and cars» the Nizhniy Novgorod state engineering-economic institute*

**Annotation.** Components of full aerodynamic resistance of the car are analysed. Sizes of these components are specified. Values of factors of frontal resistance of air for various geometrical bodies are presented. Is\* lead the analysis of aerodynamic resistance badly flowed round bodies.

**The keywords.** Factor of frontal resistance of air, badly streamline bodies, resistance of the form, inductive resistance, profile resistance, resistance of superficial friction, resistance of internal streams, interferented resistance.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОШНИКОВЫХ МЕХАНИЗМОВ ПОСЕВНЫХ АГРЕГАТОВ

*В. В. Косолапов, преподаватель кафедры «Механика» ГОУ ВПО НГИЭИ;*

*Е. В. Косолапова, преподаватель кафедры «Технология швейных изделий» ГОУ ВПО НГИЭИ*

**Аннотация.** В общем комплексе технологических операций посева и посадке принадлежит определяющая роль. От качества высева зависит дружность всходов, облегчение последующих операций, урожайность и, конечно же, качество конечного продукта. На сегодняшний день на

рынке сельскохозяйственной техники выпущено большое количество новых посевных агрегатов, которые имеют разнообразные конструктивные особенности. В данной статье проанализированы наиболее применяемые конструкции сошниковых механизмов, а именно, однодисковые, двухдисковые, долотовидные и анкерные. Выявлены плюсы и минусы каждого из них по основным критериям, таким как посевное ложе и укладка семян, заделка семян, удержание заданной глубины, давление сошников на почву, защита от камней, скорость движения, техническое обслуживание.

**Ключевые слова:** сошник, сеялка, посев, укладка семян, заделка семян, удержание заданной глубины, давление сошников, защита от камней, скорость движения, техническое обслуживание.

Для получения высокой урожайности любой сельскохозяйственной культуры необходимо качественное выполнение каждой технологической операции, т.к. каждая из них представляет собой сложную последовательность физических процессов, нарушение которых приводит к ухудшению качественных показателей всего комплекса. Основное направление улучшения этих показателей является совершенствование технических характеристик рабочих машин.

Современные сеялки обладают большим преимуществом перед своими предшественниками. Этому способствовало бурное совершенствование высевальных аппаратов, сошников и всей конструкции в целом.

Мы решили остановить своё внимание на механизме заделки семян в почву. Сошник образует бороздку, в которую укладываются семена с последующим их засыпанием. От качества заделки семян в почву в значительной

мере зависит их всхожесть и правильное развитие. Основные требования, предъявляемые к сошникам: открывать борозду одинаковой глубины, уплотнять дно борозды, не нарушать равномерность потока семян, прикатывать семена достаточным количеством земли и вдавливать их в посевной горизонт и т.д.

В настоящее время используются дисковые (рис.1) (однодисковые и двухдисковые) и нарральниковые (рис.2.) сошники (килевидные, полозовидные, анкерные и др.).

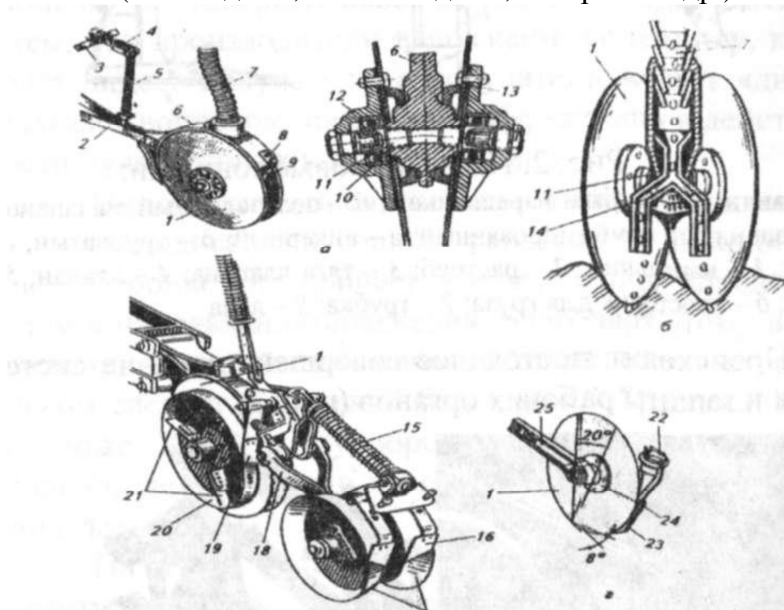


Рис. 1. Дисковые сошники:

*а* - двухдисковый однострочный; *б* - двухдисковый двухстрочный (узкорядный); *в* - овощной двухдисковый однострочный с ограничительными ребрами; *г* - однодисковый однострочный; / - левый диск; 2, 18 - поводки; 3 - вал подъема сошников; 4 - вилка подъема; 5 - штанга с пружиной; 6 - корпус сошника; 7 - семяпровод; 8 - кольцо для шлейфа; 9, 16, 19, 23 - чистики; 10 - шарикоподшипники; 11 - ось; 12 - фигурная шайба; 13 - уплотняющая прокладка; 14 - делительная воронка; 5 - штанга с пружиной; 17 - каточки; 20 - реборда; 21, 25 - кронштейны; 22 - воронка; 24 - ступица

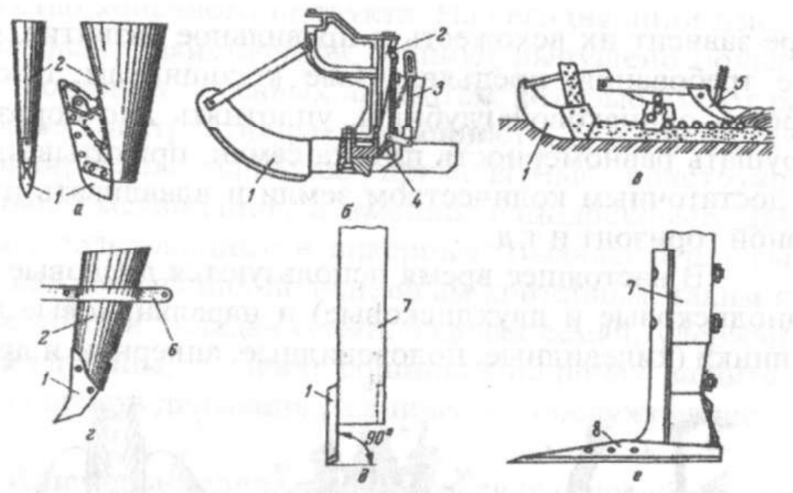


Рис. 2. Наральниковые сошники:

а - килевидный с острым наральником; б - полозовидный с клапаном; в - полозовидный комбинированный; г - анкерный; д - трубчатый; е - лаповый; 1 - наральник; 2 - раструб; 3 - тяга клапана; 4 - клапан; 5 - загорточ; 6 - хвостовик для груза; 7 - трубка; 8 - лапа

Происходит постоянное совершенствование систем очистки и защиты рабочих органов (рис. 3).

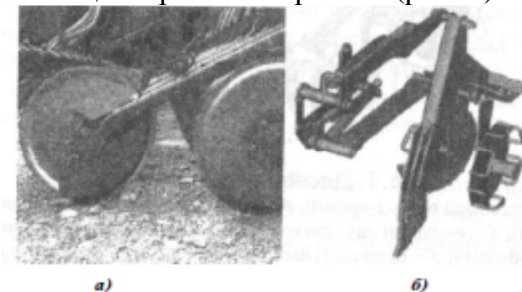


Рис. 3. Пример системы очистки и защиты рабочих органов:

а - система очистки дисковых сошников; б - система защиты от перегрузок долотовидного сошника



При таком разнообразии предлагаемых машин возникает закономерный вопрос: что лучше. Какой сошник наиболее полно отвечает требованиям сельхозпроизводителей? В чём плюсы и минусы каждого из них?

Мы рассмотрели работу однодискового, двухдискового, долотовидного и анкерного сошников.

Тенденция, сложившаяся на рынки в настоящее время говорит сама за себя: наибольшее предпочтение отдаётся машинам с одно- и двухдисковыми сошниками - около 80 %. Анкерные вовсе выходят из моды. Связано это с тем, что производители выпускают ту технику, которую хочет видеть покупатель, а покупатель желает «диск», не задаваясь вопросом, на сколько эффективно в действительности будет работать данная машина. \*

### **Однодисковым сошник высокой проходимости**

Однодисковый сошник работает по принципу дисковой бороны. Он вращается в земле под определённым углом к направлению движения. Благодаря этому во время движения верхний слой почвы отодвигается в сторону. За диском следует маленький бороздник, образующий посевное ложе. Затем в эту бороздку укладывается семя. Как правило, диски имеют выпуклую форму, сплошные или зубчатые.

На диске установлены скребки, поддерживающие чистоту сошника, так как налипшая земля на нем «тянет» за собой семена из борозды.

Для соблюдения заданной глубины используются различные варианты: регулирование давления сошников у навесных сеялок (вариант для равномерных почвенных условий); установка прижимных роликов, предотвращающих чрезмерно глубокую заделку семян; использование широкого чистящего ролика для ведения сошника на заданной глубине. Также используется схема объединения двух сошников в одно целое по схеме параллелограмма.

Колесо, которое следует за сошником, регулирует глубину заделки и вдавливают семена. В другой схеме глубину посева регулируют прикатывающие катки с клиновидным профилем, расположенные перед сошниками.

Для заделки семян возможно использование как штригеля, так и прижимного ролика, смонтированного за сошником. Ролик достаточно хорошо уплотняет почву и вдавливают зёрна в пахотный горизонт, что улучшает доступ влаги. У простых посевных агрегатов стандартом является штригель. Многие производители оснащают свои агрегаты и роликами, и штригелями. Преимущество штригеля в том, что он снова выравнивает поверхность и предотвращает «заплывание» посевного ложа. При этом необходима правильная регулировка. Штригель должен располагаться в междурядьях и работать только поверхностно, в противном случае происходит быстрый износ.

Агрегаты с заделывающим семенами комплексом, расположенным сзади, и два ведущих сошника работают с высоким давлением. К тому же, широкое колесо предупреждает слишком глубокую укладку семян на рыхлой почве. Если ролики ведут каждый сошник по отдельности, то необходима регулировка давления каждого сошника. При высоком давлении и рыхлой почве чрезмерное заглубление рабочих органов. Поэтому при изменчивых условиях почвы решение принимается в пользу гидравлической регулировки давления сошников.

Защита сошника от камней в о дно дискового сошнике проста и эффективна. При увеличении давления пружина сошника выполняет роль защиты от посторонних предметов. Если появляется камень, то сошник поднимается вверх.

Также имели успех резиновые элементы для навесок дисков. Они позволяют дискам подниматься вверх примерно на 15 см. Также возможны боковые отклонения.

Важно то, что чем больше угол установки диска, тем шире должна быть резиновая подушка, чтобы не было чрезмерных боковых отклонений, иначе это может привести к неравномерному междурядью.

**Скорость движения.** Современные универсальные сеялки способны работать при скорости до 20 км/ч. В основном это происходит за счёт увеличения размера дисков, что повышает износостойчивости и плавной работе.

**Техническое обслуживание.** Благодаря простоте конструкции однодисковые сошники практически не требуют технического обслуживания и долго не изнашиваются. Также и подшипники, используемые в настоящее время, в основном выдерживают свой срок службы. Основным недостатком - однодисковые сошники работают несимметрично, создавая постоянное одностороннее давление. Со временем это может привести к изнашиванию навески, что приводит к сближению рядков друг к другу - эффект двойного ряда. Для решения этой проблемы сошники, расположенные на несущей трубе, можно передвигать. При помощи регулировки возможно выравнивание.

Положительной стороной однодисковых сошников является:

- универсальность в применении;
- неприхотливы в техническом обслуживании;
- простая конструкция; отрицательной стороной:
- эффект двойного ряда.

#### **Двухдисковый сошник для тонной укладки**

Два диска двухдискового сошника, расположенных рядом, образуют V-образное семенное ложе. В образовавшуюся канавку вносятся семена. Диски, как правило, не изогнуты и находятся под углом примерно 3 градуса по направлению движения.

Чистоту дисков также поддерживают скребки. У некоторых сеялок один диск смещается назад. Таким обра-

зом, он идет позади передних дисков. Преимущество этого заключается в том, что диски меньше изнашиваются и очищаются с двух сторон. Еще одно преимущество состоит в увеличении проходимости за счёт уменьшения толщины сошников.

Для удержания заданной глубины заделки семян используют две системы:

- навеска посредством балансирных рычагов;
- навеска посредством параллелограмма.

При применении балансирной навески сошник и ролик заглабления закреплены на несущем бруске, который связан с сеялкой резиновыми амортизаторами. Точка поворота балансирного рычага расположена перед сошником. В связи с этим для копирования рельефа поля двухдисковый сошник движется по дугообразной траектории непосредственно с роликом, что приводит к неточной глубине заделки семян.

Параллелограммная навеска сошника имеет противоположный эффект. Более сложное соединение между узлом высева и несущей рамой позволяет ведущим роликам и высевающим дискам изменять глубины заделки в равной степени. Принцип работы основывается на системе точного высева. Имеется больше центров вращения и точек смазки.

Заделка семян. Все двухдисковые сошники оснащены дополнительным роликом для установки глубины, который так же выполняет функцию заделки семян. Могут использоваться штригели.

Перенос давления сошника у балансирной навески осуществляется за счёт резинового амортизатора. Поворачиваясь по центру, несущий брусок создаёт давление, передаваемое на балансиры сошников через резиновые амортизаторы.

При параллелограммной навеске давление создаётся тремя возможными способами. Во-первых, по средствам размещения нижних точек поворота параллелограмма в два резиновых амортизатора. Параллельное движение сохраняется и становится жестче. При помощи двух трехточечных соединений с основной рамой машины высеивающая балка получает нагрузку, и тем самым возрастает давление сошника. Во-вторых, нагружением сошников посредством пружины в параллелограмме. Недостаток - затруднение центральной регулировки. В-третьих, расцепляя параллелограмм, ролик заглубления расположен на раме сошника и связан с сошником только посредством стального троса. Труба с аккумулятором давления располагается над сошниками. Маленькие шатуны осуществляют давление прямо на сошник. Преимущество заключается в централизованной регулировке давления.

Защита от камней осуществляется с помощью резиновых втулок амортизаторов либо используются непосредственно пружины параллелограммов. При возрастании давления сошника увеличивается сила спуска пружины. У третьих сошников центральный аккумулятор давления также обеспечивает защиту от камней.

Скорость движения с двухдисковыми сошниками от 15 до 20 км/ч.

Техническое обслуживание у двухдисковых сошников более сложное. Во-первых, выше износ, по сравнению с одно дисковыми сошниками. В процессе работы изношенные сошники может заклинить. Во-вторых, сошники без смещения больше подвержены поломке и должны быть вовремя отрегулированы.

Исходя из вышесказанного можно сделать следующий вывод: положительной стороной двухдисковых сошников является:

- универсальность в применении;

- центрированное движение сошников;
- высокое качество укладки семян. Отрицательной стороной является:
- сложная конструкция.

### **Долотовидные сошники для ровных площадей**

Долотовидные сошники имеют много плюсов в сравнение с вышерассмотренными сошниками. Они рыхлят даже сухую, твердую почву и справляются с толстыми мульчирующими слоями. Сошник устроен подобно культиваторной лапе и работает при помощи своего нижнего зацепления на заданной глубине. Благодаря простой и надёжной конструкции позволяет работать на высоких скоростях и является хорошей альтернативой при обработке больших площадей. У некоторых сеялок один сошник постоянно формирует два ряда. Для этого семенной поток в сошнике разделяется и направляется вправо и влево.

Удержание заданной глубины у долотовидных агрегатов происходит по центру над рамой сошника или непосредственно за сошником. При заглублении рамой предусмотрена защита от перегрузки. Некоторые сеялки работают с заглублением возле лап. Для этого за каждой лапой располагаются два металлических ролика или колесо, которые одновременно уплотняют семенное ложе.

Заделку семян обеспечивает прикатывающий каток, за которым следует штригель. Сеялки с заглублением от сошников долотообразной конструкции обходятся и без прикатывающего орудия.

Давление сошников осуществляется за счёт нижнего зацепления агрегата. Давление сошника не играет никакой роли. Сошники сами входят в почву.

Защита от камней. Лапы, как и у культиватора, имеют индивидуальную защиту от камней.

Техническое обслуживание. В зависимости от почвенных условий, наконечники сошников изнашиваются и должны регулярно заменяться.

Поэтому положительной стороной долотовидных сошников является:

- очень хорошая пригодность для посева;
- высокая производительность;
- возможность прямого посева;
- простая конструкция машины. Отрицательной

стороной является:

- при использовании машин с рамной конструкцией поверхность поля должна быть хорошо выровнена;
- при посеве по мульче необходима предварительная обработка культиватором.

#### **Анкерные сошники для плуга**

Классический сошник анкерного типа разрезает почву и формирует при этом посевное ложе. Как правило, наконечник сошника заменяем и выполнен из чугуна. Для посева по мульче имеются наконечники особой формы. Они образуют легкую дугу и должны лучше чистить посевное ложе. У многих анкерных сошников возможно переоборудование на ленточный посев.

Удержание заданной глубины происходит посредством давления сошника, поэтому при меняющихся почвенных условиях необходима постоянная регулировка.

При заделка семян анкерным сошником всегда используется штригель.

Давление сошников осуществляется благодаря пружине давления сошника, которая тянет его в почву. Регулировка происходит централизованно и бесступенчато при помощи шпинделя. Гидравлические регулировки давления сошника доступны и целесообразны при меняющихся почвенных условиях.

Пружина давления сошника превосходно защищает от повреждений камнями. При возникновении препятствия сошник отклоняется вверх.

Так как сошник часто эксплуатируется с роторной бороной, то это ограничивает его скорость. Производители рекомендуют скорость 10 км/ч.

Сроки службы чугунных наконечников очень высоки, их замена проста. Закрепление происходит преимущественно при помощи только одного болта.

Положительной стороной анкерных сошников является:

- простая выгодная конструкция;
- возможность ленточного посева. Отрицательной стороной:

- посев по мульче возможен только ограниченно. На сегодняшний день каждый из представленных

сошников имеет ряд модификаций, каждый из которых обладает своими преимуществами и недостатками. Выбор машины с тем или иным рабочим органом - дело самих сельхозпроизводителей.

Основным на что необходимо обратить внимание, на наш взгляд, является рабочая скорость, качество подготовки семенного ложа, прямолинейность высева и равномерность заделки семени.

### **Литература**

1. Халанский, В. М. Сельскохозяйственные машины. Учебник / И. В. Горбачев. - М.: КолосС, 2006. - 624 с.
2. «Современная сельхозтехника и оборудование», журнал, № 2, 2009 год.
3. [www.amazone.ru](http://www.amazone.ru)
4. [www.horsch.com](http://www.horsch.com)
5. [www.lemken.ru](http://www.lemken.ru)



## THE COMPARATIVE ANALYSIS PLOUGHSHARE MECHANISMS OF SOWING UNITS

*V. V. Kosolapov, the teacher of the chair «Mechanics»  
the Nizhniy Novgorod state engineering-economic Institute;*

*E. V. Kosolapova, the teacher of the chair «Technology  
of garments» the Nizhniy Novgorod state engineeringeco-  
nomic institute*

**Annotation.** In the general complex of technological operations crop and landing possess a defining role. The simplification of the subsequent operations, productivity and certainly quality of an end-product depends on quality of seeding shoots. As of today in the market of agricultural machinery a plenty of new sowing units which have varied design features is let out.

In given article the most applied designs ploughshare mechanisms, namely one-disk, two-disk, chiseled and anchored are analysed.

Plus and minuses of each of them by the basic criteria, such as sowing to a box and stacking of seeds, заделка seeds, deduction of the set depth, pressure ploughshares on ground, protection against stones, speed of movement, maintenance service are revealed.

**The keywords.** Ploughshare, a seeder, crop, stacking of seeds, seeds patching up, deduction of the set depth, ploughshare pressure, protection against stones, speed of movement, maintenance service.

## РАЗВИТИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРИБОСОПРЯЖЕНИЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

*В. А. Коченов, к.т.н., доцент ГОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»;*

*И. И. Чермохина, доцент ГОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»*

**Аннотация.** В статье приводятся закономерности прочности и износостойкости деталей и сопряжений относительно друг друга. Одной из основных задач исследования износостойкости является прогнозирование ресурса. Выявить ошибки конструирования, производства, эксплуатации можно только в результате испытания опытных образцов в условиях, для которых они предназначены.

**Ключевые слова:** трибосопряжения, режимы работы двигателя, ресурс, трение, изнашивание, двигатель внутреннего сгорания.

Курс на модернизацию производства двигателей предъявляет повышенные требования к проектированию, заключающиеся в полном использовании технических возможностей изготовления и перспектив их дальнейшего роста. Совершенствование конструирования геометрических параметров трущихся поверхностей деталей, является резервом повышения долговечности трибосопряжений, обосновывает развитие двигателестроения.

Проектирование трибосопряжений поршневого двигателя включает кинематический и динамический расчеты кривошипно-шатунного механизма (КШМ) на основании законов классической механики [1]. Какой режим исследо-

вать, учитывая то, что двигатели мобильных машин работают в большом диапазоне условий эксплуатации? Логичным является не субъективное назначение, а обоснованное выявление экстремальных режимов работы двигателя. Законы классической механики позволяют рассчитывать кинематические и динамические параметры КШМ при заданном, в том числе неустановившемся законе движения коленчатого вала, т.е. способны выявлять влияние режимов работы двигателя как на скорость, так и на величину и характер загруженности деталей и трибосопряжений.

Расчетный - классический КШМ обладает свойствами, которые можно отнести к идеальным состоит из абсолютно жестких деталей, сопряжения не имеют зазора и не изнашиваются. Двигатель с идеальным механизмом, как правило, не рассматривается «самостоятельным» объектом исследования в силу своей нереальности. Такой подход ограничивает возможности исследования общих закономерностей работы двигателей. Введение в исследование пусть не реального, но единого прототипа, расширит границы анализа и сравнения двигателей, отличающихся конструкцией, технологией изготовления, назначением, условиями и режимами эксплуатации.

Классическая механика исследует одну основную степень свободы, вытекающую из назначения КШМ, преобразование возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала. В реальном механизме, кроме основных перемещений деталей, присутствуют и дополнительные, например перекосы и деформации коленчатого вала, перекладка поршня и т.д. Уже по этому признаку расчетные и действительные данные не соответствуют друг другу.

Достоинством расчетно-экспериментальных методов исследования является высокая эффективность решения локальных задач проектирование отдельных узлов,

включая доводку «слабых» деталей и сопряжений. Недостатки - сложность использования на начальном этапе проектирования; локальный - дифференцированный метод исследования не решает обеспечение равностойкости трибосопряжений. Развитие методов, выявляющих закономерности прочности и износостойкости деталей и сопряжений относительно друг друга, является перспективным направлением совершенствования проектирования узлов и механизмов двигателя по равностойкости.

Одной из основных задач исследования износостойкости является прогнозирование ресурса. На сегодняшний день нет единой, общепризнанной методики решения этой проблемы. Сложность задачи обусловлена многофакторностью процесса трения и изнашивания. Как правило, прогнозирование ресурса решается дифференцированно - в конкретном исследовании доминирующую роль отдают только части факторов - части процесса. В двигателестроении выделяют конструктивные, технологические и эксплуатационные факторы. Последующее согласование конструкции, изготовления, эксплуатации является задачей не только разработчиков и производителей, но и потребителей — совершенствование конструкции и производства должно сопровождаться развитием культуры эксплуатации и сервиса. Вез исследовании взаимосвязи конструктивных, технологических и эксплуатационных средств повышения долговечности и износостойкости невозможно их согласование, невозможно прогнозирование и повышение ресурса двигателей [2].

Отметим, что и в упрощенной - дифференцированной постановке проблемы, прогнозирование износостойкости не решается только расчетными, теоретическими средствами. Главной проблемой является то, что в процессе трения и изнашивания изменяются свойства трущихся поверхностей деталей, и эти изменения трудно поддаются

математическому анализу. Эмпирические методы и в настоящее время занимают важное место в исследовании трения и изнашивания. Выявить ошибки конструирования, производства, эксплуатации можно только в результате испытания опытных образцов в условиях, для которых они предназначены. При этом возникают следующие трудности:

- для получения количественных данных нужны длительные испытания;
- для обеспечения достоверности (качества) данных требуется большое количество опытных образцов;
- для оценки эффективности решений цикл испытаний должен повториться.

Чтобы минимизировать потери времени и средств на проведение испытаний, адекватность проектирования должна осуществляться на базе известных данных долговечности и износостойкости серийно выпускавшихся и выпускаемых двигателей. Для создания методологии такого исследования необходимо выявлять общие закономерности изнашивания двигателей. Накоплена большая база данных геометрических параметров износа, и изменения интенсивности изнашивания узлов скольжения в процессе эксплуатации двигателей [3]. Анализ экспериментальных данных проводится статистическими и аналитическими методами. Статистический метод обработки данных не требует значительных допущений, позволяет учесть теоретически неограниченное число факторов. Недостаток - не отражает физическую природу процесса, и оптимальные решения приходится искать, путем проб и ошибок. Аналитический метод учитывает меньшее число факторов, требует значительных упрощений и допущений. Достоинство основывается на физике процесса и лучше приспособлен для поиска оптимальных решений, для апробации требует

меньшего количества дорогих экспериментальных исследований.

Статистической обработкой данных определены закономерности макро - и микрогеометрии изношенных поверхностей деталей, установлен характер изменения интенсивности изнашивания в процессе эксплуатации, выявлено влияние шероховатости и направленности следов обработки на время и износ прирабатывания. Открытыми остаются вопросы:

1. С учетом быстрого прирабатывания пар трения по микрогеометрии (в процессе холодной обкатки), почему суммарный период прирабатывания двигателей более продолжительный?

2. Как изменение формы трущихся поверхностей деталей влияет на физику изнашивания, в частности на интенсивность изнашивания?

В исследованиях трения и изнашивания с позиций энергетики [4] предлагается гипотеза о том, что трение и изнашивание является самоорганизующимся процессом. При изнашивании с определенной последовательностью и весьма «разумно» протекают явления, направленные на создание «новой» пары трения с повышенной износостойкостью. Согласно гипотезе, в процессе обкатки двигателя изменяются свойства трущихся поверхностей деталей, и эти изменения приводят к уменьшению интенсивности изнашивания. Новые свойства пар трения получаются при изнашивании, т.е. изменении заданных геометрических параметров сопряжения. Приработка выступает продолжением механической обработки, в процессе которой «изготавливается» новая макро - и микрогеометрия трущихся поверхностей деталей, т.к. в основном стабилизация геометрических параметров сопряжений является главным признаком перехода двигателя в период нормальной эксплуатации. В двигателестроении это направление прорабо-

тано не достаточно полно и может стать резервом повышения долговечности и износостойкости узлов скольжения.

### Литература

1. Гоц, А. Н. Порядок проектирования автомобильных и тракторных двигателей / А. Н. Гоц, В. В. Эфрос; Владим. гос. ун-т - Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. - 148 с.

2. Коченов, В. А. Взаимозависимость проектирования, изготовления и эксплуатации тракторов и автомобилей / В. А. Коченов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2010. - № 3.

3. Гурвич, И. Б. Износ и долговечность двигателей / И.Б. Гурвич - Горький: Волго-Вят. кн.изд-во. 1970. -327 с.

4. Гаркунов, Д. Н. Триботехника / Д. Н. Гаркунов М.: Машиностроение, 1985. - 424 с.

### PROGRESS OF DESIGN TRIBOCONNECTIONS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

*V. A. Kochenov, the doctor of technical sciences, the docent of the Nizhniy Novgorod state agricultural Academy;*

*I. I. Cheremohina, the docent of the Nizhniy Novgorod state agricultural Academy*

**Annotation.** In article laws of strength and wear resistance of details and interfaces rather each other are resulted. One of the primary goals of research of wear resistance is forecasting a resource. To reveal mistakes of design, manufactures, it is possible for operation only as a result of test of pre-production models in conditions for which they are intended.

**The keywords.** Triboconnections, power setting, a resource, friction, wear process, an internal combustion engine.

## **УСТРОЙСТВО И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОФИЛЬНОГО СТЕКЛА.**

*В. И. Лашин, ГОУ ВПО Нижегородский государственный инженерно-экономический институт»;*

*Ю. Н. Вавилов, Е. Д. Сятойкин, Волжский государственный инженерно-педагогический университет*

**Аннотация.** Предлагается многоточечная схема новых захватов стекла больших размеров и методика построения развертки поверхности вращения. Приводится схема новой печи моллирования, обеспечивающей нужную геометрию стекла.

**Ключевые слова:** стекло, развертка, кривизна поверхности, захваты, автоматическое проектирование.

В настоящее время для остекления фасадов, имеющих криволинейные формы, используют плоские стекла, расположенные по кривой линии, т.е. криволинейную поверхность заменяют объемной многомерной поверхностью. Этот вариант наиболее дешевый, однако выразительность формы фасада снижается.

Выбранные стекла, которые являются частью фасада, как правило, плоские и объемность витрины достигается нанесением на стекло объемного рисунка. По мнению авторов работы, выразительность витрины можно повысить, если плоскую поверхность заменить криволинейной. Гнутые стекла, предназначенные для остекления фасадов и витрин, будем называть архитектурным стеклом.



Аналогом архитектурного стекла является лобовое стекло туристического автобуса или лобовое стекло поезда «Сапсан». Наибольший размер таких стекол составляет два на полтора метра. Архитектурные стекла имеют значительно большие размеры, в связи с чем возникает ряд проблем: захват стекла, формирование криволинейной поверхности в печи моллирования, получение развертки заготовки изделия.

Проблема захвата заключается в том, чтобы обеспечить одним захватом взятие плоской заготовки изделия (стекла) с решетки тележки, положить её в печь моллирования и тем же захватом взять из печи, после чего поставить в тележку для перевозки стекла. Вакуумные присоски, которые могли бы быть использованы для захвата разогретого стекла, в этом случае являются ненадежными.

Для изделия (лобовое стекло автобуса) размером (2x1,5) м авторы разработали захват на восемь точек базирования, который заменил четырех операторов одним. Схема захвата представлена на рис. 1.

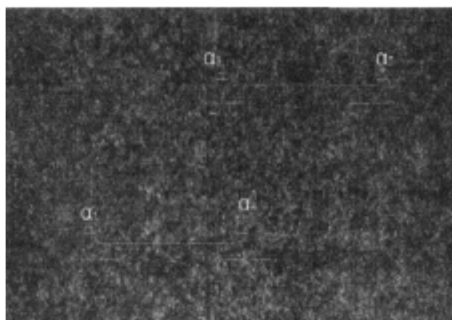


Рис. 1. Кинематическая схема захвата на восемь точек базирования

Устройство и описание работы даны в материалах [1,2]. Захват был изготовлен и успешно работает.

Для изготовления архитектурных стекол авторы разработали новые захваты на 12 и 16 точек базирования. Схемы новых захватов даны на рис. 2, 3.

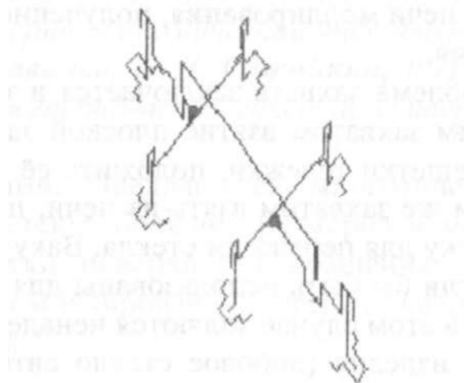


Рис. 2. Кинематическая схема захвата на 12 точек

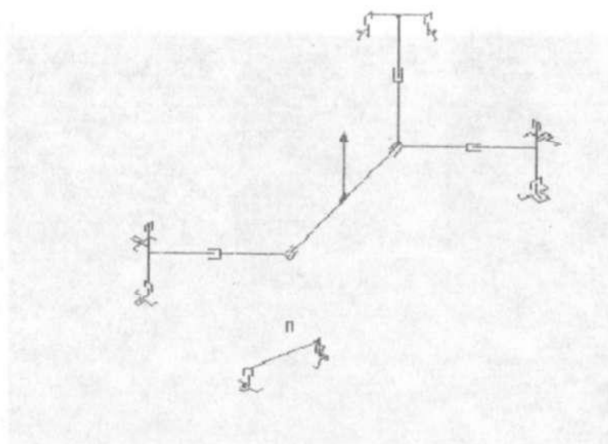


Рис. 3. Кинематическая схема захвата на 16 точек

Другая проблема состоит в том, что архитектурное стекло может иметь сложную форму и получить ее известными способами очень трудоемко и дорого.

Любая пространственная форма стекла может быть получена только из плоской заготовки, размеры и геометрию которой надо определить. Развертка криволинейной поверхности необходима для того, чтобы по ней можно было разработать программы управления станком резки стекла.

Различают два вида криволинейных поверхностей: разворачивающиеся поверхности, которые можно совместить с плоскостью без разрывов и складок; не разворачивающиеся поверхности, которые нельзя совместить с плоскостью без разрыва и складок.

К разворачиваемым относятся линейчатые поверхности, полученные вращением или сдвигом прямой линии рис. 4.

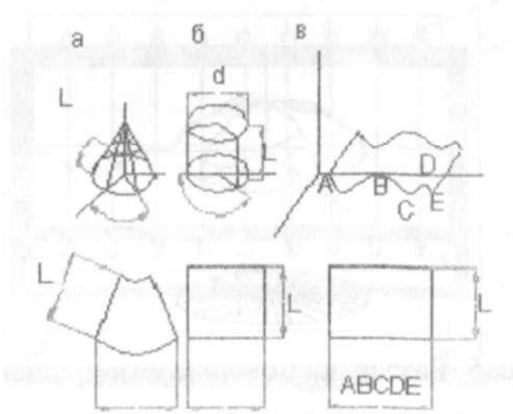


Рис. 4. Линейчатые поверхности и их развертки

Преимуществом линейчатых поверхностей является то, что вследствие отсутствия разрывов и складок снижается концентрация напряжений при получении криволи-

нейных поверхностей, а также снижается оптическое искажение изображения. При моллировании такое стекло равномерно ложится на рамку, установленную в печи. Эти преимущества используются при проектировании и изготовлении лобовых стекол транспортных средств. Форма лобовых стекол максимально приближена к линейчатой поверхности а участки лобового стекла, имеющие не линейчатую поверхность, подпрессовываются вручную, чтобы не допустить появления разрывов и складок. К недостаткам линейчатых поверхностей можно отнести ограничение художественной ценности, что для архитектурного стекла является актуальным.

Развертку нелинейчатой поверхности можно получить с помощью систем автоматического проектирования (например АРМ Winmaschine или Inventor). Для построения развертки предлагается следующая методика: через центр тяжести основания поверхности, например эллипсоида рис.5, проводится прямоугольная система координат XYZ.

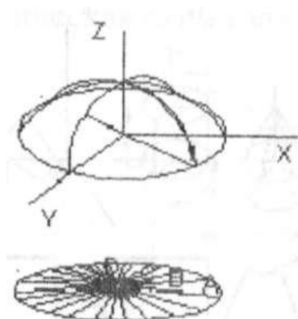


Рис. 5. Развертка поверхности вращения

Поверхность эллипсоида рассекается семейством плоскостей, проходящих через ось Z и перпендикулярных плоскости XY и, получив сечение, определяем длину линии ABCD, «распрямив» которую, получим две точки бу-

дущей развертки. Соединив крайние точки всех прямых, получим развертку поверхности эллипсоида.

Другой важной проблемой изготовления архитектурных стекол является разнообразие криволинейных форм. Каждое стекло имеет индивидуальную форму, поэтому такое производство является единичным. Технологии же крупносерийного и массового производства, применяемые для изготовления лобовых автомобильных стекол, не могут быть использованы для производства архитектурного стекла. Кроме того, в силу больших размеров заготовок изделий, силы тяжести разогретого до упруго-пластического состояния стекла приведут к неконтролируемой пластической деформации. Чтобы предотвратить такую деформацию, требуется дополнительная поддержка заготовки не только по краям рамки моллирования, но и в нескольких точках внутри её. Эти проблемы решены авторами в новой печи моллирования. Схема печи показана на рис.6.

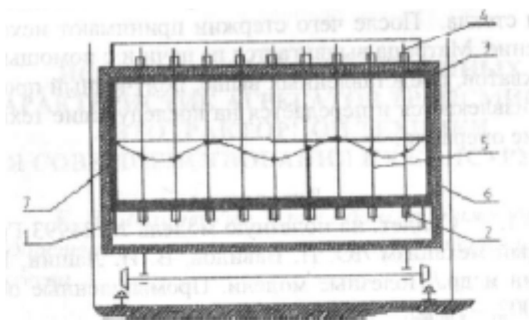


Рис. 6. Схема новой печи моллирования

Высокотемпературная печь состоит из матрицы (1), расположенной в выдвижной части печи (2) и нагревательной части печи, в которой находится пунсон, состоящий из стержней (4), и оснащенный индивидуальным приводом. Стержни расположены по всей поверхности пуансона с

шагом 50-100 мм и оснащены ограничителем силы прижатия. По всей поверхности матрицы также расположены стержни (5) с шаговыми двигателями (6). На концах всех стержней имеются шаровые опоры (7). Работа всех приводов выполняется по специально разработанной для заданного компьютерного чертежа заготовки стекла, индивидуальной программе.

Описание работы печи моллирования Выдвигается матрица (1), все стержни которой устанавливаются на один горизонтальный уровень. На них помещается плоская заготовка стекла, соответствующая развертке заданного геометрического профиля. Матрица заводится в печь, в которой происходит нагрев до температур перехода в утруго-пластичное состояние. По компьютерной программе происходит плавное перемещение стержней до положений, соответствующих конечной геометрии стекла. После чего стержни принимают исходное положение. Матрица выдвигается из печи и с помощью новых захватов, представленных выше, полученный профиль стекла извлекается и передается на последующие технологические операции.

### **Литература**

1. Свидет. на полезную модель № 24993 Грузозахватный механизм /Ю. Н. Вавилов, В. И. Лашин, В. А. Малыгин и др.//Полезные модели. Промышленные образцы. - 2002. -№ 25.
2. Вавилов, Ю. Н. Грузозахватное устройство для печей моллирования/УСтекло и керамика.- 2003.- № 5.
3. Вавилов, Ю. Н. Манипулятор для печей моллирования стекла // Современные проблемы машиностроения: Тр.НГТУ. Т.40-Н.Новгород: НГТУ, 2003. - С 128-131.

## AN ARRANGEMENT AND THE EQUIPMENT FOR MANUFACTURING PROFILE GLASS

*V. I. Lashin, N. Novgorod state engineering-economic  
Institute;*

*J. N. Vavilov, E. D. Syatoykin, Volga state engineer-  
ing-pedagogical University*

**Annotation.** The multidot diagram of new captures of glass of greater sizes and a procedure of construction of development of a surface of rotation is offered. The diagram of the new furnace moiling providing the necessary geometry of glass is resulted.

**The keywords.** Glass, development, curvature of a surface, captures automatic design.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АГРЕГАТОВ ТРАНСМИССИЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИХ КОНСТРУКЦИИ

*К. Я. Лелиовский, к.т.н., доцент Нижегородского  
государственного технического университета им. Р. Е.  
Алексеева*

**Аннотация.** Проведено исследование характера вибраций подшипников коробки передач автомобиля «ГАЗель», корпуса коробки, что позволило выявить вибронагруженные участки. Теоретический расчет был подтвержден результатами испытаний виброизмерительном комплексе. Внесенные в конструкции изменения обеспечили повышение качества производимой продукции.

**Ключевые слова:** вибрация, первичный вал, подшипник, корпус, расчет напряжений, эксперимент.

Исследование вибрационных процессов, сопровождающих работу трансмиссий автотракторной техники, проводятся и проводились рядом учёных, в том числе: В. Б. Альгиным, И. Б. Барским, В. Л. Вейцем, Б. В. Гольдом, А. И. Гришкевичем, П. П. Лукиным, А. А. Полунгяном, В. М. Семеновым, Ю. Г. Стефановичем, И. Н. Успенским, В. А. Умняшкиным, Б. С. Фалькевичем, Н. М. Филькиным, И. С. Цитовичем, В. С. Шупляковым, Н. Н. Яценко и др. Они носили как расчётно-теоретический, так и практический характер. Цели их также были различными: от разработки математических и физических моделей, представляющих научную ценность (не предполагающих натурального эксперимента), до только экспериментальных исследований, представляющих практическую значимость (не предполагающих каких-либо теоретических изысканий). Практика показала, что наилучшие результаты обеспечивает оптимальное сочетание научно-теоретических и экспериментальных исследований. В этом случае результаты расчётов сразу же находят подтверждение или опровержение в ходе натурального эксперимента. Такой подход к исследованию вибрационных характеристик работы позволяет учесть сложную природу процесса, а также оптимизировать подбор параметров математических и физических моделей исходя из особенностей устройства конкретной модели агрегата трансмиссии. Т.к. не всегда их параметры оптимальные, с точки зрения теоретического расчёта характеристик их вибраций, будут таковыми при их реализации в конструкции узлов.

При проведении расчётных экспериментальных исследований сформировалось два подхода: научный и научно-практический. Первый подход заключается в составле-



нии математических моделей исследуемых агрегатов трансмиссии на основании принципов аналитической механики, моделировании действующих на них возмущающих факторов и исследований, происходящих в них физических процессов методами спектрального анализа и др. Впоследствии по результатам анализа определяются оптимальные параметры конструкции. К преимуществам такого подхода можно отнести его научность, а так же возможность учесть изменения максимального количества параметров. К недостаткам - излишнюю сложность математических и физических моделей и их вычисления, необходимость интерпретации результатов расчётов для практического применения, а также их низкую наглядность. Второй подход основан на имитационном моделировании с использованием известных программных продуктов (ANSYS, NASTRAN, LS DYNA, INVENTOR, ADAMS и др.). На основании устройства агрегата трансмиссии и характера возмущающего воздействия на него, подготавливаются исходные данные для загрузки в программный продукт, который, в свою очередь, на основании заложенных в него алгоритмов производит расчёты характеристик его вибрационных процессов. Результатом данных расчётов является трёхмерная модель исследуемого агрегата трансмиссии, где выделены цветом вибрационные нагрузки различной амплитуды. К преимуществам такого подхода следует отнести его наглядность и инженерный характер. К недостаткам - сложность анализа влияния того или иного конструкционного параметра.

Экспериментальные виброметрические исследования, проводимые с использованием современного оборудования с компьютерной обработкой получаемых сигналов, позволяют быстро и объективно оценивать адекватность расчётной математической модели рабочим качествам любых агрегатов трансмиссии. Автором статьи вме-

сте с профессором кафедры «Автомобили и тракторы» В. И. Песковым при содействии технического руководства ООО «Нижегородские моторы» (бывший Завод коробок скоростей ОАО «ГАЗ») на предприятии, выпускающем коробки передач для автомобилей ОАО «Группа «ГАЗ»», проведены пробные исследования подшипников с применением одного из современных виброизмерительных комплексов. При этом ставилась задача доказать эффективность применения указанной виброизмерительной системы для входного контроля качества подшипников, устанавливаемых на первичный вал коробок передач автомобилей «ГАЗель», поставляемых производителям коробок передач различными производителями. Замеры производились с использованием динамического стенда, на который устанавливался испытываемый подшипник, и его внутреннее кольцо приводилось во вращение со скоростью 3600 об/мин. При этом имитировалась нагрузка на подшипник, по характеру соответствующая его условиям работы в коробке передач, но по величине не превышающая 20 % максимальной эксплуатационной нагрузки. На приведенных рисунках показаны примеры полученных спектрограмм для нескольких подшипников различного уровня качества. Из них хорошо видно, что спектрограмма отбракованного подшипника имеет явно выраженное отличие в виде громадного пика в полосе частот вблизи 500 Гц. Это может быть вибрация, вызванная недопустимым отклонением от сферичности одного из шариков, поскольку частота вращения внутреннего кольца подшипника только 60 Гц, а количество шариков в подшипнике - 7. Предварительный вывод по результатам испытаний - метод электронно-цифровой вибродиагностики дает наглядное представление о качестве агрегата трансмиссии автотракторной техники и позволяет определять возможную причину дефекта. Следует отметить, что указанные значения уровней вибра-

ций подшипников вычислены по методике ГОСТ как среднеквадратичные значения в полосах частот 50 - 100 Гц, 200 - 500 Гц, от 1000 Гц и далее. Требования ГОСТ никак не регламентируют значения амплитуд вибраций.

При помощи виброизмерительной аппаратуры также были измерены вибрации на корпусе коробок пере-

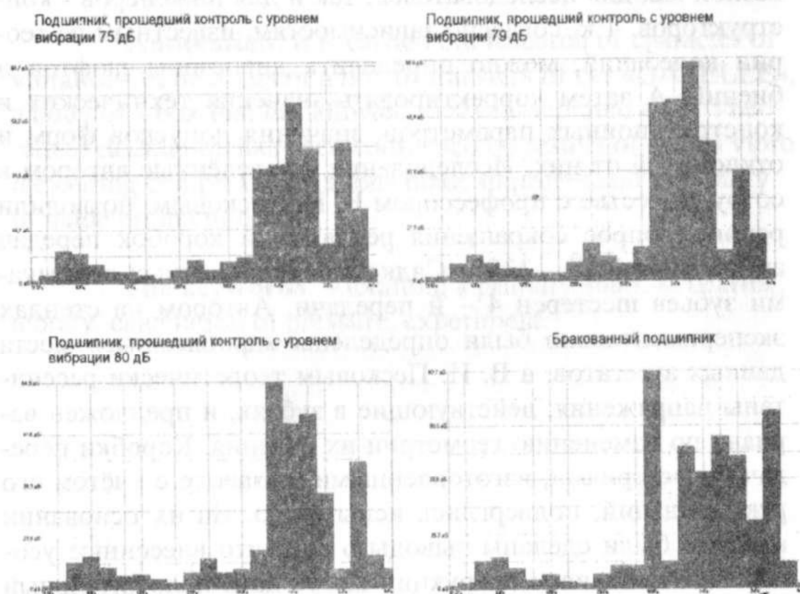


Рис. 1. Спектрограммы вибраций подшипников, полученных в ходе изменений

дач автомобилей «ГАЗель», «Соболь». Для этого, кроме того, были использованы имеющиеся на предприятии испытательные стенды с прямым потоком мощности, на которые были установлены испытуемые агрегаты трансмиссии. Испытания проводились на двух режимах 1500 и 2400 об/мин. В результате были получены спектрограммы вибраций корпусов исследуемых коробок. Их анализ выявил, что в рабочем диапазоне частот (100 - 4000 Гц) на 1 - 4 ступенях наиболее вибронагруженной является точки на

боковых стенках коробки вблизи опорного подшипника вторичного вала. На 5 ступени, особенно при повышенных оборотах (высоких частотах воздействия), повышается виброактивность горизонтальной поверхности картера над этим подшипником. Данная информация может быть полезной как для исследователей, так и для инженеров - конструкторов. Т.к. согласно зависимостям, известным из теории колебаний, можно определить диапазоны люфтов и биений. А затем корректировать значения технических и конструкционных параметров, значения допусков форм и отклонений от них. Исследования, проведённые автором в сотрудничестве с профессором В. И. Песковым, позволили решить вопрос сокращения рекламаций коробок передач автомобиля ГАЗ - 3309 «Садко», обусловленных поломками зубьев шестерен 4-й передачи. Автором на стендах экспериментально были определены «проблемные» места данных агрегатов, а В. И. Песковым теоретически рассчитаны напряжения, действующие в зубьях, и предложен вариант по изменению геометрии их сечения. Коробки передач с шестернями, изготовленными на заводе с учётом его рекомендаций, подверглись испытанию. На их основании автором были сделаны выводы о том, что внесенные усовершенствования конструкции могут дать положительный эффект при их эксплуатации в составе транспортных средств. После чего конструкторское решение было утверждено<sup>^</sup> на техническом совете предприятия и модифицированное коробки передач «пошли» в серийное производство. Практика показала, что внедрение указанного изменения позволит снизить поступление рекламаций унифицированных коробок передач по данной причине и даст существенную экономию предприятию.

## RESEARCH OF VIBRATING CHARACTERISTICS OF UNITS OF TRANSMISSIONS OF A TRACTOR TECHNICS FOR PERFECTION OF THEIR DESIGN

*K. J. Leliovsky, the candidate of technical sciences, the  
docent of the Nizhniy Novgorod state technical university by R.  
E. Alekseev, N. Novgorod*

**Annotation.** It is carried out research of character of vibrations of bearings of a box of transfers of car «GA-ZELLE», a body of a box that has allowed to reveal vibrated sites. Theoretical calculation has been confirmed by results of tests a vibro measuring complex. Variations made improvement of quality of made production.

**The keywords.** Vibration, a primary shaft, a bearing, a body, calculation of pressure, experiment.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТНОЙ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТОКОМ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ16

*И. М. Мальцев, к.т.н., доцент, преподаватель кафедры материаловедения и технологии новых материалов НГТУ им. Р. Е. Алексеева;*

*Л. А. Ошурина, к.т.н., доцент, преподаватель кафедры металловедения, термическая и пластическая обработка металлов НГТУ им. Р. Е. Алексеева;*

*Е. Н. Гришин, студент 6-го курса факультета материаловедения и высокотемпературных технологий (ФМВТ) НГТУ им. Р. Е. Алексеева*

**Аннотация.** Определено влияние параметров технологии, структуры и свойств титанового сплава ВТ 16 после скоростной электротермической обработки, основанной на обработке металлических материалов током высокой плотности  $108-109 \text{ А/м}^2$ .

**Ключевые слова:** структура, токи высокой плотности, титановый сплав, скоростная электротермическая обработка.

В настоящее время широкое распространение получают технологии машиностроения и металлургии, основанные на обработке проводящих металлических материалов током высокой плотности  $108-109 \text{ А/м}^2$  при деформировании, нагреве и формовании (ЭО) [1,2].

Физические основы технологий состоят в воздействии тока высокой плотности ( $108-109 \text{ А/м}^2$ ) «электронного ветра» на дефекты кристаллической решетки при нагреве и деформации материалов и использовании эффек-

тов Джоуля-Ленца, Пинч-эффекта, электрокристаллизации, электропластического и др. при электрофизической обработке, повышающих свойства проводящих материалов.

Особенностью процессов это является то, что сам проводящий материал определяет параметры технологии и результаты такой обработки.

Процессы фазовой перекристаллизации титана и его сплавов при скоростном нагреве были изучены в работе [4]. Где отмечается, что в отличие от сталей фазовая перекристаллизация титановых сплавов не приводит к измельчению зерна. Применение быстрого нагрева при деформации и термической обработке титановых сплавов приведено также в работе [5]. При скоростном нагреве, в отличие от обычного печного, продолжительность пребывания металла при температурах  $p$ -области может быть уменьшена до нескольких секунд. Это позволяет фиксировать различные начальные и промежуточные стадии роста (3-зернен и тем самым обеспечивать получение их размеров в заданном диапазоне.

Целью настоящей работы является исследование структуры и свойств титанового сплава ВТ 16 после скоростной электротермической обработки, основанной на обработке металлических материалов током высокой плотности  $108-109 \text{ A/m}^2$ .

### **Методика эксперимента**

Для проведения СЭТО необходимо обеспечить постоянное механическое давление на электрических контактах, которые передают электрический ток на образец. Для этого разработано и использовано специальное зажимное устройство (рис. 1,2). Шестеренчато-рычажной механизм увеличивает давление груза в 100 раз. Давление на электрических контактах, выполненных из меди, покрытых гальваническим никелем, можно изменять от 10 до 100 МПа. В экспериментах использовались цилиндрические

или прямоугольные образцы длиной 100 мм с сечением, которое при пропускании тока по длине образцов от генератора импульсов создает высокую плотность тока.

Во время СЭТО образцов из стали происходит их термическое расширение, при фазовом превращении размеры образца изменяются. Чтобы компенсировать эти явления, один из контактов зажимного устройства (см. рис.1) может перемещаться в горизонтальной плоскости под механическим давлением удлиняющегося образца. При максимальном разогреве образца рычаг 1 (см. рис. 2) сначала перемещается вверх, затем опускается, при этом точка да

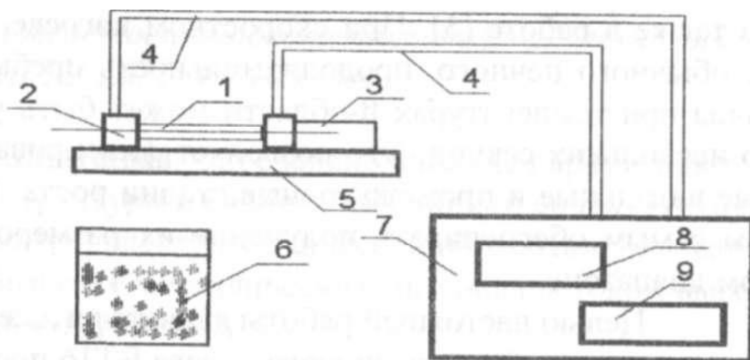


Рис. 1. Схема установки конструкции НГТУ для скоростного электротермического нагрева импульсным током:

1 - цилиндрический образец; 2 - контакты; 3 ~ зажимное устройство; 4 - водоохлаждаемые токопроводы; 5 - рабочий стол; 6 - закалочный бак; 7 - генератор; 8 - устройство синхронизации импульсов; 9 - устройство управления длительностью импульсов и пауз



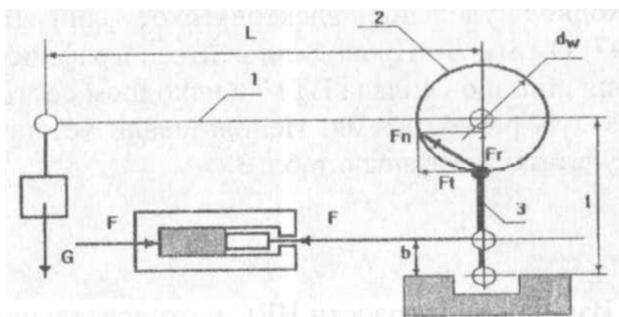


Рис. 2. Схема механизма зажима образцов:

$L$  - длина рычага;  $G$  - вес груза на конце рычага;  $F$  - сила сжатия образца контактами;  $l$  - высота рычага шестеренчатого механизма;  $b$  - расстояние от опорной оси до скользящей втулки, давящей на поршень;  $d_w$  - делительный диаметр сегмента зубчатого колеса;  $F_n$ ;  $F_t$ ;  $F_r$  - нормальная, тангенциальная и радиальная силы соответственно; 1 - рычаг; 2 - сегмент зубчатого колеса; 3 - давящий шток вящего штока 3, ограниченная отрезком  $b$ , двигается направо, затем налево

В итоге стальной образец выгибается вверх. Образцы можно выпрямлять в горячем состоянии или даже штамповать при температуре фазового превращения.

Стареющие титановые сплавы проходят закалку, деформацию и старение. К таким сплавам относят титановый сплав ВТ-16 [6-7]. Однако в литературе не достаточно подробно изучена возможность СЭТО и влияние тока высокой плотности таких сплавов. Проводили СЭТО титановых образцов диаметром 5 мм и длиной 0,1 м током высокой плотности. Проводили закалку образцов с нагревом на установке СЭТО НГТУ за время 1, 2; 2, 5 секунд без изотермической выдержки. Охлаждение осуществляли в воде. Измеряли удельное электрическое сопротивление, твердость, проводили металлографические и рентгенографические исследования. Металлографические исследования показаны на рис.3. Результаты эксперимента представлены в табл. 1, 2. Исходная твердость 13,92 (9,42) НRC. Исходное удельное электрическое сопротивление 55,6 (1,47) Ом

мм<sup>2</sup>/м. Проводили рентгенографические исследования образцов сплава ВТ 16 в исходном состоянии и после СЭТО за разное время. Использовали установку ДРОН-2. Результаты показаны в табл. 3.

Таблица 1

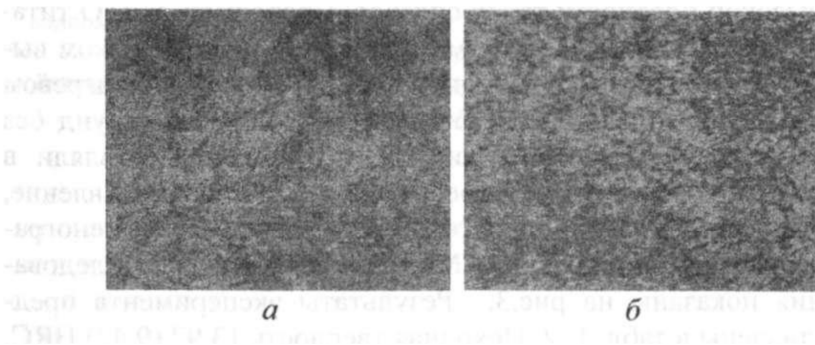
Изменение твердости НРС и относительной ошибки эксперимента сплава ВТ 16 после СЭТО за разное время нагрева

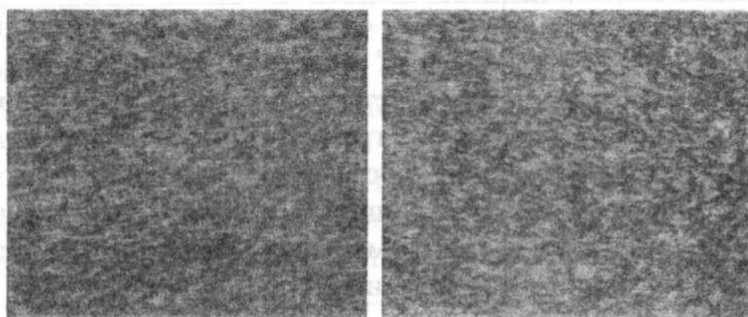
Время СЭТО, с	1	2	2,5
Твердость НРС	14,5 (4,85)	21,0 (8,43)	13,5 (10,21)

Таблица 2

Изменение удельного электрического сопротивления и относительной ошибки эксперимента сплава ВТ 16 после СЭТО за разное время нагрева

Время СЭТО, с	1	2	2.5
Удельное сопротивление	52,1 (6,01)	58,2 (4,27)	60,4(3,37)





б

з

Рис. 3. Микроструктуры титанового сплава ВТ 16 после СЭТО током высокой плотности с охлаждением в воде:

*а* - обработка 2,5 с; *б* - обработка 2 с; *в* - обработка 1 с;

*з* - исходная структура (x 270)

Таблица 3

Рентгенографические исследования сплава ВТ-16 после СЭТО током высокой плотности

Состояние и время обработки СЭТО, с	Результаты рентгенографирования
Исходный образец	Наблюдаются $\alpha + \beta$ фазы
1 с СЭТО, охлаждение в воде	Происходит смещение линии $\alpha$ . Наблюдается неоднородность $\beta$ -фазы. Превращения не наблюдаются
2 с СЭТО, охлаждение в воде	Произошло фазовое превращение по мартенситному типу. Образуются $\alpha'$ и $\alpha''$ -фазы мартенситного превращения. Возникает тетрагональность. Фазы ближе к ГЦК решетке

2,5 с СЭТО, охлаждение в воде	Линия $\alpha'$ увеличилась в сравнении с $\alpha''$ . Фаза $\alpha''$ превалирует, параметр решетки изменяется. Смещение угла происходит на 0,3 град. Возникает очень напряженное состояние. Фазовое превращение прекращается. Образуется твердый раствор замещения. Наблюдается ускорение диффузии
-------------------------------	--

Из вышеперечисленного можно сделать вывод, что при СЭТО титановых сплавов возможно проводить процесс за короткое технологическое время, исчисляемое секундами.

### Литература

1. Баранов, Ю. В. Физические основы электроимпульсной и электропластической обработок и новые материалы / Ю. В. Баранов, О. А. Троицкий, Ю. С. Авраамов, А. Д. Шляпин/. - М. М: МГИУ, 2001. - 844 с.
2. Электрофизические процессы металлургии: Учеб. Пособие/ И. М. Мальцев; Нижегород. гос. техн. ун-т. Нижний Новгород, 2003, - 59 с.
3. Мальцев, И. М. Эффекты в металлических материалах во время электрофизической обработки: Сборн. научн. тр. НГТУ. // Материаловедение и металлургия. Н. - Новгород, НГТУ. Т. 50. 2005. - С. 148-151.
4. Баулин, А. В. Особенности фазовой перекристаллизации титана и его сплавов при скоростном нагреве / А. В. Баулин, А. М. Смирнов // МиТОМ. 1993. № 2. С. 33 -36.
5. Применение быстрого нагрева при деформации и термической обработке титановых сплавов / М. Я. Брун и [др.] // МиТОМ. 1991. № 12. С. 33-37.
6. Ивасишин, О. М. Исследование скоростного нагрева под закалку титановых сплавов / О. М. Ивасишин,

П. Е. Марковский, С. П. Ошкадеров // МиТОМ. 1990. № 1. С. 32-35.

7. Шипко, А. А. Перспективные способы поверхностного упрочнения титановых сплавов и сталей при скоростном нагреве / МиТОМ. 1987. № 10. С. 45-49.

## **RESEARCH OF HIGH-SPEED ELECTROTHERMAL PROCESSING BY A CURRENT OF HIGH DENSITY OF TITANIC ALLOY BT16**

*I. M. Maltsev, k.t.n., docent, teacher chairs of materials and technology of new materials NGTU them. R. E. Alexeev;*

*L. A. Oshurina, k.t.n., docent, teacher chairs of materials and technology of new materials NGTU them. R. E. Alexeev;*

*E. N. Grishin, student 6-th year of faculty of materials science and high technology (FMVT) NGTU them. R. E. Alexeev*

**Annotation.** Influence of parameters of technology, structure and properties of titanic alloy BT16 after the high-speed electrothermal processing based on processing of metal materials by a current of high density 108-109 A/m<sup>2</sup> is certain.

**The keywords.** Structure, currents of high density, a titanic alloy, high-speed electrothermal processing.

## **НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЛЮЩЕНИЯ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА И МАШИНЫ ДЛЯ ЕЁ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

*П. А. Савиных, зав. лабораторией механизации животноводства НИИСХ Северо-Востока;*

*В. Л. Казаков, ст. научный сотрудник лаб. механизации животноводства НИИСХ Северо-Востока;*

*Ю. В. Сычуглов, директор ПКБ НИИСХ Северо-Востока*

**Аннотация.** Предложены новые технологии и машины для получения качественного зерна и концентрированного корма для животных - плющеного консервированного зерна - непосредственно на пунктах и комплексах послеуборочной обработки зерна с целью минимизации затрат на его производство. Разработаны новые воздушно-решётные машины для очистки от примесей и фракционирования поступающего на послеуборочную переработку зерна. Данные машины изготовлены в ПКБ НИИСХ Северо-Востока и испытаны в производственных условиях.

**Ключевые слова:** фракционирование, плющение, консервирование, технология, зерно, примеси.

Развитие технологий послеуборочной обработки зерна предполагает переработку зернового материала с учетом его целевого назначения, и, исходя из возможностей, получение конечного (готового) продукта на ранних стадиях переработки с целью минимизации затрат на его производство. Из отечественной и мировой практики известно, что зерновые культуры возделываются в зависимости от назначения на семена (20 %), продовольственное зерно (40 %) и зернофураж (на кормовые цели) (40 %), и в таком соотношении зерновой материал после обмолота до-

водится по существующим технологиям до необходимых требований на пунктах послеуборочной обработки зерна (ПОЗ). Если получение семенного и продовольственного зерна, как готового продукта, возможно на ПОЗ, то фуражное зерно для использования его на скармливание требует проведения дополнительных технологических операций (например, дробления, а влажное фуражное зерно - сушки и дробления).



Рис. 1. Технологическая схема производства плющеного фуражного зерна на стационарном пункте (по патенту РФ № 2371262)

В НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого разработана фракционная технология переработки зернового вороха с выделением фуражной фракции на стадии предварительной очистки с последующим её плющением и консервированием (патент РФ №2371262) (рисунок 1) для получения готового корма для животных - плющеного зерна - с целью минимизации затрат на производство корма и повышения потребительских качеств произведённого продукта на пунктах послеуборочной обработки зерна.

Разработана конструктивно-технологическая схема технологической линии плющения и консервирования зерна (рис. 2).



Рис. 2. Схема технологической линии переработки влажного фуражного зерна:

УФС - уборка зерновых культур в фазе восковой спелости; ЗЯ - завальная яма или аэрожелоб; МПО - машина предварительной очистки с фракционированием; БНО - бункер неиспользованных отходов; БВФЗ - бункер влажного фуражного зерна; ПЗ - плющилка зерна; БПЗ - бункер-накопитель плющеного зерна; КЗ - устройство консервирования плющеного зерна; БНКЗ - бункер-накопитель плющеного консервированного зерна; ХКПЗ - хранилище консервированного плющеного зерна

Линия работает следующим образом. Зерновой ворох, поступивший после обмолота (УФС) на очистительно-зерносушильный комплекс, из завальной ямы (ЗЯ) или аэрожелоба подается в машину предварительной очистки (МПО), в которой очищается от примесей, а также разделяется на основную (60.. 70 %), фуражную фракции (25...35%) и отходы (5 %). Основная фракция - полноценное зерно - по зернопроводам подается в бункер резерва влажного зерна, дальнейшая обработка которого проводится по существующим технологиям сушки и сортирования. Выделенное и очищенное машиной предварительной очистки фуражное зерно из бункера (БВФЗ) зернопроводами подается на двухступенчатое плющение (ПЗ) и консервирование (КЗ), отходы поступают в бункер неиспользуемых отходов (БНО), откуда утилизируются.



Для выполнения технологических операций очистки зернового вороха от примесей и разделения его на фракции лабораторией механизации животноводства НИИСХ Северо-Востока разработана конструктивно-технологическая схема универсальной воздушно-решетной машины (машины предварительной очистки зерна) (рисунок 3), работа которой заключается в следующем.

Зерновой материал (в т. ч. влажный - непосредственно после комбайнирования) подается в воздушно-решетную машину и вводится в первый пневмосепарирующий канал (2) дорешетной очистки в котором легкие примеси потоком воздуха удаляются в осадочную камеру (6) и выводятся устройством (8) удаляются из пневмосистемы. Зерновой материал при работе машины условно по схеме а (см. рис. 3) - очищенный от легких примесей, поступает на верхнее решето (15), с которого крупные примеси идут сходом и лотком (24) выводятся в приемник V, а очищенный от крупных примесей зерновой материал подается на нижнее решето (16) верхнего решетного стана 13.

При установке поворотной заслонки 28 лотка 25 в положение "открыто" фракция зернового материала, содержащая наиболее крупное зерно, лотком 25 выводится в приемник IV, а из него для последующей обработки (плющение, сушка или переработка в фуражном режиме). Проход через отверстия нижнего решета верхнего решетного

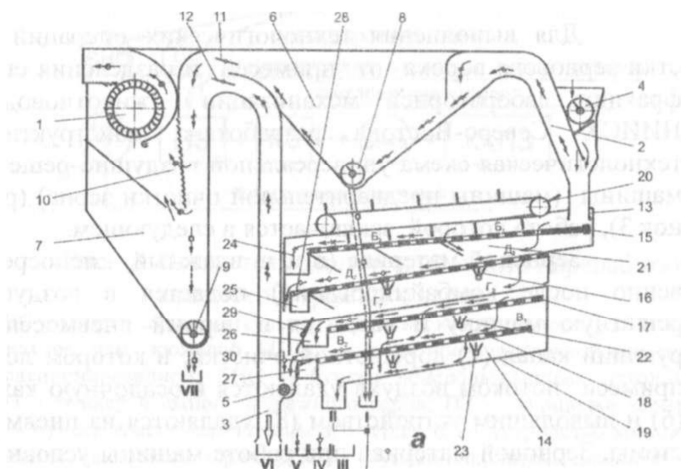


Рис. 3. Универсальная воздушно-решетная зерноочистительная машина (по патенту РФ № 2371262)

—→ - поток очищаемого материала; —×→ - крупные примеси; —●→ - мелкие примеси; —//→ - воздушный поток с легкими примесями; - - - - - → - пыль; —/→ - воздушный поток с пылью; —6→ - воздушный поток без примесей; —□→ - легкие примеси (щуплое и дробленое зерно); —▷→ - основная (средняя) фракция очищенного зерна; —○→ - более мелкая фракция очищенного зерна (фураж); ⇌→ - очищенное зерно после обработки во втором пневмосепарирующем канале; —◇→ - наиболее крупная фракция зерна стана (13) попадает на верхнее решето (17) нижнего решетного стана (14), при этом при установке поворотной заслонки (29) в положение «закрыто» сход с решета (17) - фракция, состоящая из средних по размерам зерен (основной поток поступает во второй пневмосепарирующий канал (3), в котором завершается процесс предварительной очистки зерна: оно поступает в приемник VI. Проход через отверстия верхнего решета (17) нижнего решетного стана (14) пода-

ется на нижнее решето (18) этого стана, причем при закреплении поворотной заслонки (30) в положении «открыто» фракция мелкого зерна - сход с решета (18) попадает в лоток (27), которым отводится в приемник III. Мелкие примеси (подсев) проходят через отверстия решета (18) и, переместившись по днищу (19) нижнего решетного стана (14), поступают в приемник II.

При работе решетной части машины по схеме (а) соотношение фракций крупного, среднего (основной поток) и мелкого по размерам зерна составляет соответственно 5...10, 55...60 и 25...30 %. Фуражная фракция (наиболее крупное, мелкое и щуплое зерно, а также щуплое, дробленое зерно, выделенное воздушным потоком во втором пневмосепарирующем канале), выделенная воздушно-решетной машиной, поступает, например, в плющилку зерна для проведения технологических операций плющения и консервирования и, как готовый к скармливанию животным продукт, закладывается на хранение.

Для осуществления технологических операций по фракционированию и очистке от примесей зернового материала в ПКБ НИИСХ Северо-Востока совместно с лабораторией механизации животноводства НИИСХ Северо-Востока разработана и изготовлена воздушно-решетная машина предварительной очистки зерна МПО-30ДФ, общий вид и конструктивно-технологическая схема которой представлены на рисунке 4.

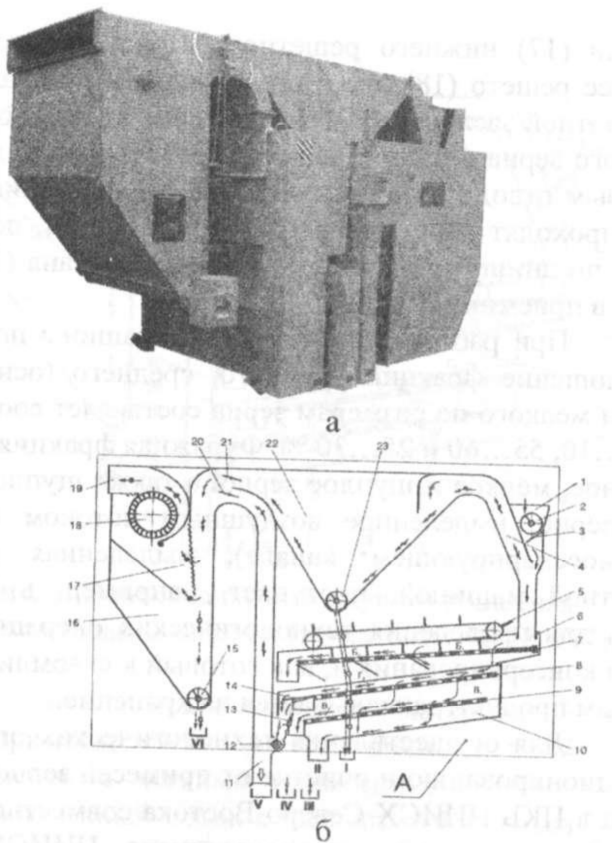


Рис. 4. Общий вид (а) и технологическая схема (б) машины МПО-30ДФ:

1 - бункер-питатель; 2 - разравнивающий шнек; 3 - регулирующая заслонка; 4 - первый пневмосепарирующий канал (ПСК); 5 - скребковый транспортер очистки верхнего решета; 6 - верхний решетный стан; 7 - верхнее решето; 8 - среднее решето; 9 - нижнее решето; 10 — нижний решетный стан; 11 - второй пневмосепарирующий канал; 12 - питающий валик; 13, 14 - поворотные заслонки; 15, 23 — шнеки вывода материала; 22, 16 - первая и вторая осадочные камеры; 17 - диаметральный вентилятор; 19 - выходной патрубков; 20, 21 - регулирующие заслонки; I...VI - выходы фракций

Машина предварительной очистки зерна МПО-30ДФ имеет три последовательно работающих яруса решет, поэтому она может работать с поступающим на обработку зерновым материалом в режиме его фракционирования и очистки от примесей.

Фуражной зерновой фракцией, отправляемой на плющилку зерна для проведения технологических операций плющения и консервирования, у данной машины является мелкое и щуплое зерно, очищенное от лёгких, крупных и мелких примесей - сход с решёт В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub>.

Технические, энергетические и эксплуатационные параметры машины МПО-30ДФ:

1. Тип - стационарная.
2. Производительность по загружаемому зерну (пшеница) на предварительной очистке влажностью до 40% и содержанием сорной примеси до 10%, в том числе солоmistых примесей с длиной соломы не более 50 мм - 1% - 30 т/ч.
3. Производительность по фуражной зерновой фракции (пшеница) на предварительной очистке влажностью до 40% и засоренностью не более 10 % - 10 т/ч
4. Размеры решет, мм:
  - а) длина - 1500;
  - б) ширина - 1195.
5. Масса машины, кг - 1300.
6. Суммарная установленная мощность - 5,1 кВт.
7. Габаритные размеры, мм - 3350x1750x2540.
8. Количество обслуживающего персонала - 1 чел.

В ПКБ НИИСХ Северо-Востока совместно с лабораторией механизации животноводства НИИСХ Северо-Востока также разработана машина предварительной очистки зерна МПО-60Д, предназначенная для предварительной и первичной очистки зернового материала. Общий

вид и конструктивно-технологическая схема машины предвари

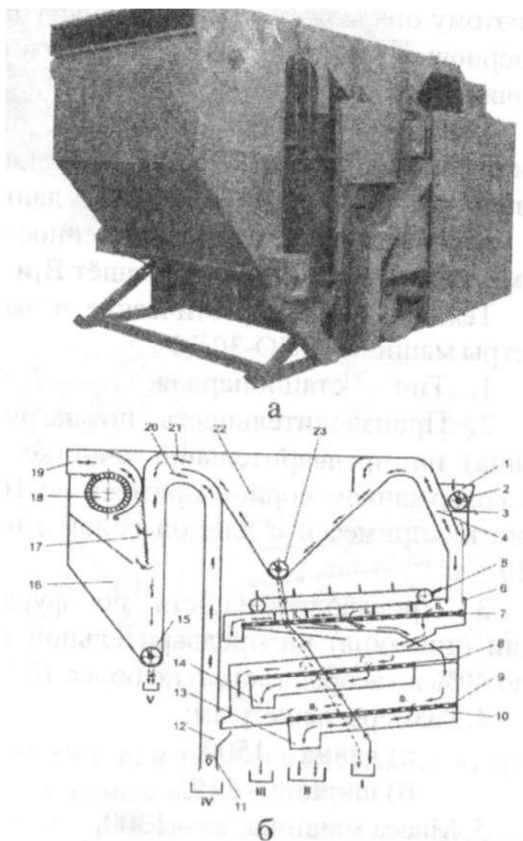


Рис. 5. Технологическая схема (а) и общий вид (б) машины МПО-60Д:

1 - бункер-питатель; 2 - разравнивающий шнек; 3 - регулирующая заслонка; 4 - первый пневмосепарирующий канал (пек); 5 - транспортер; 6, 10 - решетчатые станы; 7 - верхнее решето; 8 - средняя решетчатая рамка с открытым окном; 9 - нижнее решето; 11 - второй пневмосепарирующий канал; 12 - приемный лоток; 13, 14 - лотки вывода мелких примесей (проход со среднего и нижнего решета); 15, 23 - шнеки вывода примесей из осадочных камер; 16, 22 вторая и первая осадочные камеры; 17 - жалюзийная решетка; 18 - диаметральный вентилятор; 19 - выходной патрубков; 20, 21 - регулирующие заслонки; I...V - выходы

фракций; Б<sub>1</sub>, Б<sub>2</sub>, Б<sub>3</sub>; Г<sub>1</sub> Г<sub>2</sub>, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> - решета тельной очистки зерна МПО-60Д представлены на рисунках 5, а и б, технические данные приведены в таблице 1

Таблица 1

Технические данные машины МПО - 60Д

Наименование показателя, ед. изм.	Значение
Тип	Стац.
Производительность на предварительной очистке зернового вороха пшеницы влажностью до 40 %, т/ч	до 60
Производительность по загружаемому зерну (пшеница) на первичной очистке влажностью до 15 %, т/ч	12
Масса машины, кг	2400
Суммарная установленная мощность, кВт	7,0
Габаритные размеры, мм	
Длина,	3900
Ширина,	2200
Высотам, м	2720
Обслуживающий персонал	механик

В ПКБ НИИСХ Северо-Востока совместно с НИИСХ Северо-Востока разработана воздушно-решетная зерноочистительная машина МПО-60ДФ (патент РФ № 2393030), предназначенная для фракционирования и очистки от примесей зернового материала. Конструктивно-технологическая схема машины предварительной очистки и фракционирования зернового материала (вороха) МПО-60ДФ представлена на рисунке 6. Машина МПО-60 ДФ, настроенная по схеме: поворотная скатная доска (23) установлена в положение, показанное пунктиром, лоток (24) на верхнем ярусе решет нижнего решетного стана открыт поворотной заслонкой (25), воздушные заслонки (15) закрыты, рамка А, установленная перед верхним ярусом решет

(20) нижнего решетного стана, закрыта глухим щитком, работает следующим образом.

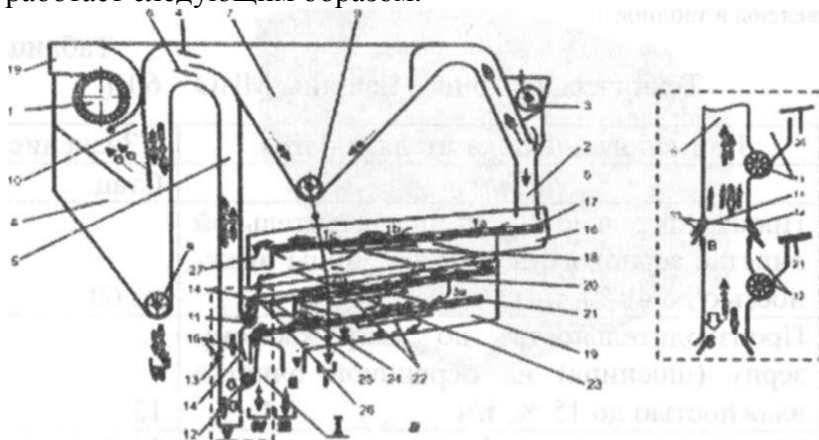


Рис. 6. Конструктивно-технологическая схема машины МПО-60ДФ

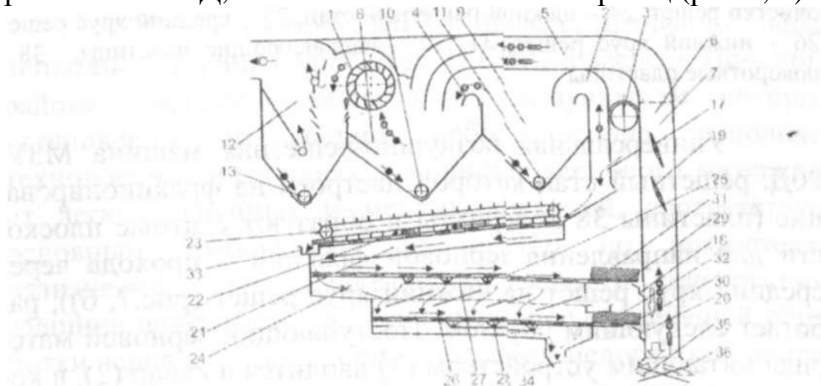
Поступающий зерновой материал питающим устройством (3) вводится в канал (2) дорешетной аспирации, в котором самые легкие примеси потоком воздуха удаляются в пылесадительную камеру (7), осаждаются в ней и выводятся устройством (9) удаляются. Зерновой материал, очищенный от самых легких примесей, поступает на ярус решет (17) верхнего решетного стана (16). С решетного яруса (17) крупные примеси идут сходом и лотком (27) выводятся наружу, проход через решета (1а), (1b) и (1с) (всё зерно) подается на верхний ярус решет (20) нижнего решетного стана (19), решета которого подобраны таким образом, что крупное и среднее по размерам зерно (семенная и продовольственная фракция) сходит с данных решёт и через открытый отводящий лоток (24) выводится из машины и отправляется на дальнейшую обработку. Проход через отверстия верхнего яруса решет (20) нижнего решетного стана (19) попадает на нижний ярус решет



(21) нижнего решетчатого стана (19), по которому основная часть поступившей фракции - мелкое и шуплое по размерам зерно (фуражная фракция) - сходом поступает в нижнее устройство ввода зерна (12) и через него в канал (5), где очищается от легких примесей воздушным потоком, попадает в приемник V и через него выводится наружу и направляется, например, на плющение и консервирование (для влажного зерна).

Таким образом, использование воздушно-решетной зерноочистительной машины МПО-60ДФ обеспечивает выделение из поступающего на переработку зернового материала очищенной на решетках и дважды воздушным потоком от примесей фуражной зерновой фракции для направления её на плющение с целью получения качественного корма - плющеного зерна.

Разработаны конструктивно-технологическая схема (рис.7, а) универсальной воздушно-решетной машины для очистки от примесей и фракционирования зернового материала МЗУ-20Д, изготовлен её опытный образец (рис.7, б).



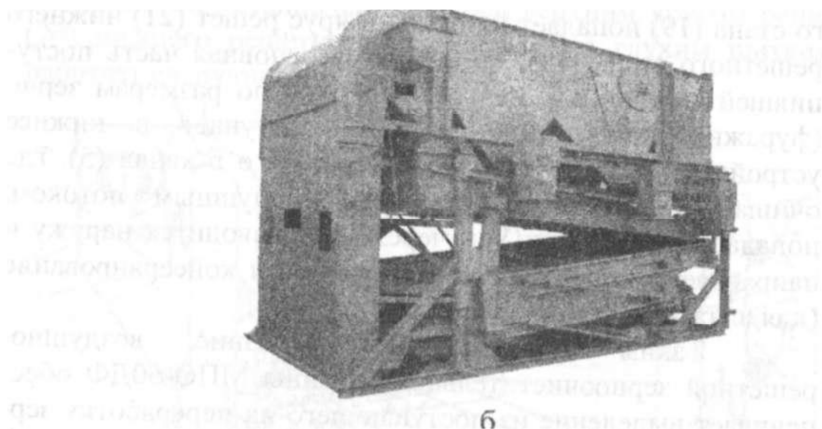


Рис. 7. Общий вид (а) и конструктивно-технологическая схема (б) универсальной зерноочистительной машины МЗУ-20Д:

1 - вентилятор, 2 - канал дорешетной аспирации, 3 - питающее устройство, 4 - механизм регулировки скорости воздуха, 5 - канал послерешетной аспирации, 6, 7 - первый и второй каналы послерешетной аспирации, 8, 9 - пылесадительные камеры, 10, 11 - выводящие устройства примесей, 12 - пылеуловитель, 13 - выводящее устройство пылеуловителя, 14, 15, 16 — стенки, 17, 19 - механизмы регулирования скорости воздуха, 18, 20 - устройства ввода зерна, 21 - верхний решетный стан, 22 - верхний ярус решет, 23, 27, 28 устройства для очистки решет, 24 - нижний решетный стан, 25 - средний ярус решет. 26 - нижний ярус решет, 31, 32 - направляющие пластины, 38 -поворотные пластины

Универсальная воздушно-решетная машина МЗУ-20Д, решетный стан которой настроен на фракционирование (пластины 38 повернуты и образуют скатные плоскости для направления зерновой фракции - прохода через средний ярус решет на нижний ярус решет (рис.7, б)), работает следующим образом. Поступающий зерновой материал питающим устройством (3) вводится в канал (2), в

котором самые легкие примеси удаляются потоком воздуха, и поступает на верхний ярус решет (22) верхнего решетчатого стана (21), с которого крупные примеси идут сходом и лотком (33) выводятся наружу, а очищенный зерновой материал - проходит через решета первого яруса - подается на средний ярус решет (25) канала послерешетной аспирации нижнего решетчатого стана (24), на котором фракция зернового материала, содержащая крупное и среднее по размерам зерно, сходом поступает на скатную доску (29) и пластинами (31) направляется в устройство ввода зерна (18) и через него в канал (6), где очищается от легких примесей воздушным потоком, попадает в приемник (34) и через него выводится за пределы машины. Проход через отверстия среднего яруса решет (25) попадает на нижний решетчатый ярус (26), по которому мелкое и щуплое зерно (фуражная зерновая фракция) - сходом поступает на скатную доску (30) и направляется в канал (7), где очищается от легких примесей воздушным потоком, попадает в приемник (36) и через него выводится наружу и может подаваться, например, на плющение. Проход через отверстия нижнего яруса решет (26) нижнего решетчатого стана (24) (мелкие органические и минеральные примеси) попадает в лоток (34) и через него выводится за пределы машины.

ФГУ «Кировская МИС» провела предварительные испытания машины МЗУ-20Д. В СПК «Рассвет» Немского района Кировской области, по результатам которых установлено, что машина работоспособна, выполняет технологический процесс по очистке зернового материала от легких, крупных и мелких примесей, соответствует основным требованиям ТЗ и НД по показателям назначения, энергооценке и безопасности конструкции. Машина вписывается в технологию послеуборочной обработки зерна и семян и при устранении недостатков найдет применение в сельскохозяйственных предприятиях.

И в заключение хотелось бы еще раз отметить, что новая фракционная технология переработки зернового вороха с выделением фуражной фракции на стадии предварительной очистки с последующим её плющением и консервированием позволяет получить из фуражного зерна готовый к скармливанию продукт - плющенное консервированное зерно - непосредственно на пунктах послеуборочной обработки зерна при сохранении для семенных и продовольственных целей основной фракции зернового материала, а разработанные воздушно-решетные машины для фракционирования и очистки от примесей зернового материала позволяют очистить исходное зерно от мелких, крупных, лёгких минеральных и органических примесей и разделить его на необходимое количество фракций, дальнейшая обработка которых зависит от целевого (конечного) назначения.

### **Литература**

1. Рекомендации по заготовке и использованию высоковлажного фуражного зерна: Под редакцией Ю. Ф. Лачуга. - М.: Россельхозакадемия, 2006.- 129 с.
2. Сычугов, Н. П. Механизация послеуборочной обработки зерна и семян трав. - Киров: ФГУИПП <Вятка>, 2003. - 268 с.

## NEW TECHNOLOGY PLYUSCHENIYA FORAGE GRAIN AND MACHINES FOR HER (ITS) REALIZATION

*P. A. Savinyh, head of laboratory animal mechanization NHSX of the North-East;*

*V. A. Kazakov, senior researcher, laboratory of mechanization animal NIISX of North-East;*

*Y. V. Sychugov, director PKB NIISX of the North-East*

**Annotation.** They Are Offered new technologies and machines for reception qualitative grain and concentrated stern for animal - an lamination grain - directly on points and complex послеуборочной processing grain for the reason minimization of the expenses on his(its) production. New machine is Designed for peelings from admixtures and fractionation entering on conversion grain. The Data of the machine are made in PKB NIISH NORTHEAST and practised in working conditions.

**Keywords.** Fractionation, lamination, preservation, technology, grain, admixture.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ОПРЫСКИВАНИЯ ШТАНГОВЫМ ОПРЫСКИВАТЕЛЕМ С ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ДВОЙНОСТРУЙНЫМИ ЩЕЛЕВЫМИ РАСПЫЛИТЕЛЯМИ ФИРМ LECHLER И TEEJET

*А. Д. Трифонов, к.т.н., доцент, Аграрный университет (г. Пловдив), Болгария*

**Аннотация.** Экспериментально определена неравномерность опрыскивания раствором растений при вьюрировании геометрических параметров положения распылителей. В опыте участвовали два типа распылителей - Teejet TJ - 60 и Lechler IDKT. Исследование выполнено по заказу фермера и носит прикладной характер.

**Ключевые слова:** распылитель, эксперимент, неравномерность, геометрические параметры, вьюрирование.

Щелевые распылители находят широкое применение в Тракторных штанговых опрыскивателях для защиты растений (рис. 1). Они работают при низком давлении рабочей жидкости (0,15 ч- 0,4 МПа) и обеспечивают крупнокапельное опрыскивание (250 мкм + 400 мкм среднеобъемный диаметр капель), которое предотвращает перемещение капель ветром. Щелевые распылители используются преимущественно для гербицидных опрыскиваний, где требуется хорошая равномерность распределения раствора по обрабатываемой поверхности [1].

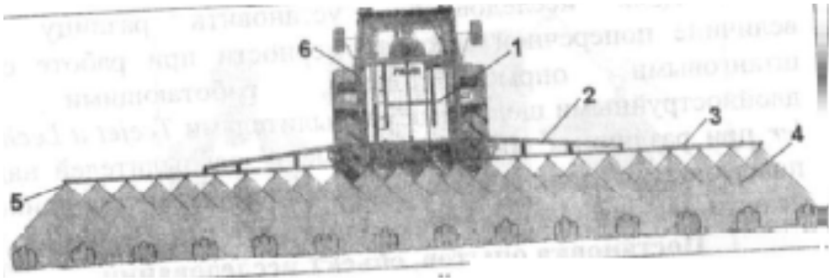


Рис. 1. Штанговый тракторный опрыскиватель - общий вид: 1 - резервуар; 2 - штанга; 3 - проводящие трубопроводы; 4 факел струи; 5 - распылитель

При работе с почвенными гербицидами рекомендуется, чтобы поперечная неравномерность опрыскивания (рис. 2) не превышала 15 %, а у листовых гербицидов она не должна превышать К) % [2]. Эти рекомендации не легко осуществить на практике, особенно имея в виду то, что ряд факторов влияет на величину поперечной неравномерности опрыскивания и фирмы-производители распылителей не смогут предвидеть все условия работы и не смогут давать точные предписания клиентам.

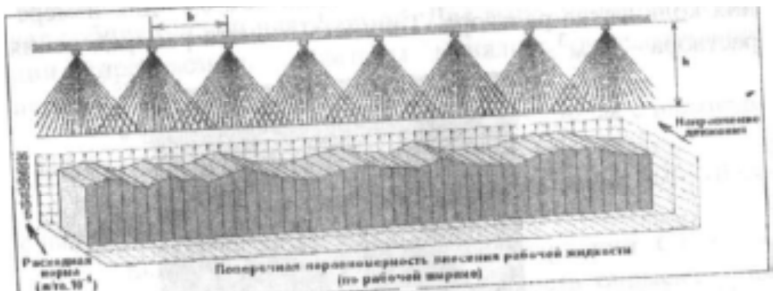


Рис. 2. График распределения рабочей жидкости по ширине штангового опрыскивателя

Цель исследования: установить разницу в величине поперечной неравномерности при работе со штанговыми опрыскивателями, работающими с двойноструйными щелевыми распылителями Teejet и Lechler при различных сочетаниях высот распылителей над поверхностью поля и расстояния между ними по длине штанги.

Постановка опытов, объект исследования и метод работы

Чтобы обеспечить качественную работу штанговой системы опрыскивателя, распылители должны отвечать следующим требованиям [5]: не должно быть выраженных пиков на пуфиках распределения раствора под распылителем; отклонения от минутного дебита отдельных распылителей с одинаковыми размерами не должны превышать  $\pm 0,8 \%$ ; чтобы не было очевидного отклонения от угла факела, от симметрии факела и размера капель.

Распределение рабочего раствора под каждым распылителем устанавливается посредством наклонной платформы (патернатора). Платформа (рис. 3) с размером 2 м в длину и 1 м в ширину сооружена из 40 шт. собирательных каналов - каждый шириной 5 см. В конце каждого канала смонтирован цилиндр вместимостью  $100 \text{ см}^3$  для измерения количества раствора. Точность отсчета распределения раствора -  $1 \text{ см}^3$ .

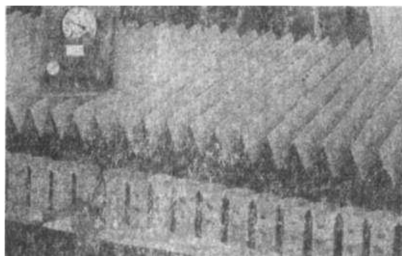


Рис. 3. Лабораторная собирательная платформа (патернатор) - общий вид



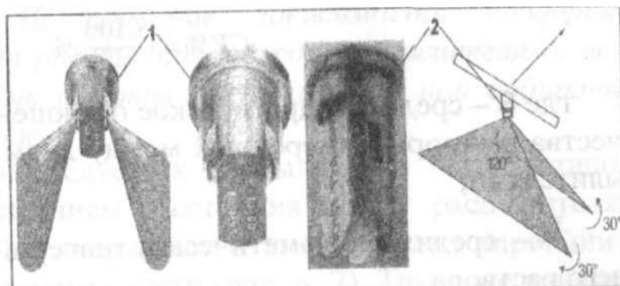


Рис. 4. Распылители для опыта: 1 - *Teejet TJ-60* ,  
2 - *Lechler IDKT*.

Для опытов были использованы распылители *Teejet TJ-60* с размером 11004 и *Lechler IDKT* размером 12003 (рис. 4). С каждым из указанных распылителей были проделаны лабораторные опыты с трехкратной повторяемостью. Давление рабочей жидкости  $P$  поддерживалось непрерывно в значении 0,3 МПа с точностью  $\pm 0,01$  МПа. Распылители были установлены на высоте  $h = 50$  см. Время опыта отсчитано с точностью 1 с.

Была использована компьютерная программа для симмулирования вариантов покрытия зоны опрыскивания под штанговой системой опрыскивания при различных дистанциях между распылителями и различными высотами над собирательной платформой. Для выполнения симмуляции управляемые факторы менялись в следующих пределах, как следует:

- высота распылителей  $h = 40 \div 100$  см с шаговым изменением 10 см;

- расстояние между распылителями  $b = 30 \div 110$  см с шагом 10 см.

Был вычислен коэффициент вариации  $CV$  в %, который характеризует неравномерность опрыскивания для

каждой комбинации между расстоянием и высотой распылителей:

$$CV\% = \frac{S \cdot 100}{x_c}, \%$$

где  $S$  - среднее квадратическое отклонение значений количества раствора, измеренных между двумя соседними распылителями;

$x$  - средняя арифметическая значений количества рабочего раствора.

1. *Распределение рабочей жидкости под каждым распылителем.*

Распылители *Teejet TJ-60-11004* и *Lechler IDKT-12003* имеют симметрический факел и осуществляют плавное уменьшение количества распыленной жидкости с середины факела к обоим его концам. Эти характеристики дают возможность легко определить значения высоты распылителей  $h$  и расстояния между ними  $b$  по длине штанги, для которых коэффициент вариации принимает значения ниже 10 %, тогда распределение рабочего раствора будет с хорошей равномерностью (рис. 5).

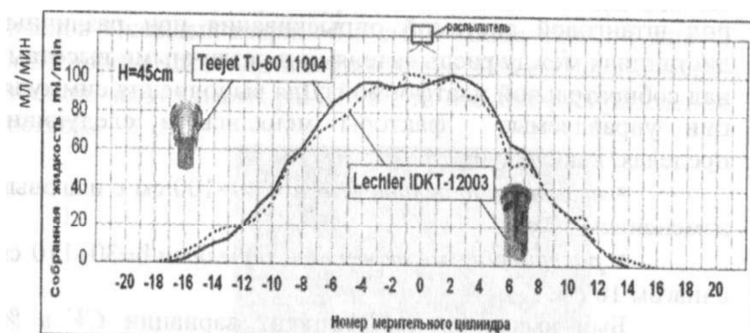


Рис. 5. Графики распределения рабочей жидкости под каждым из исследуемых распылителей

*2. Исследование зависимости коэффициента вариации от расстояния между распылителями по длине штанги и от высоты распылителей над собирающей поверхностью.*

У исследуемых распылителей было установлено, что с увеличением расстояния между распылителями по длине штанги возрастает и коэффициент вариации поперечной неравномерности (рис. 6, 7). Такое же влияние оказывает и уменьшение высоты распылителей над собирающей поверхностью. В этом случае из-за меньшего числа распылителей по штанге стоимость опрыскивателя снижается, но качество опрыскивания ухудшается.

При увеличении высоты распыления наблюдается противоположный эффект и коэффициент вариации принимает низкие значения. В этом случае, однако, возрастает риск от чрезмерно высокой побочной скорости перемещения капель ветром - так называемый драфт (drift).

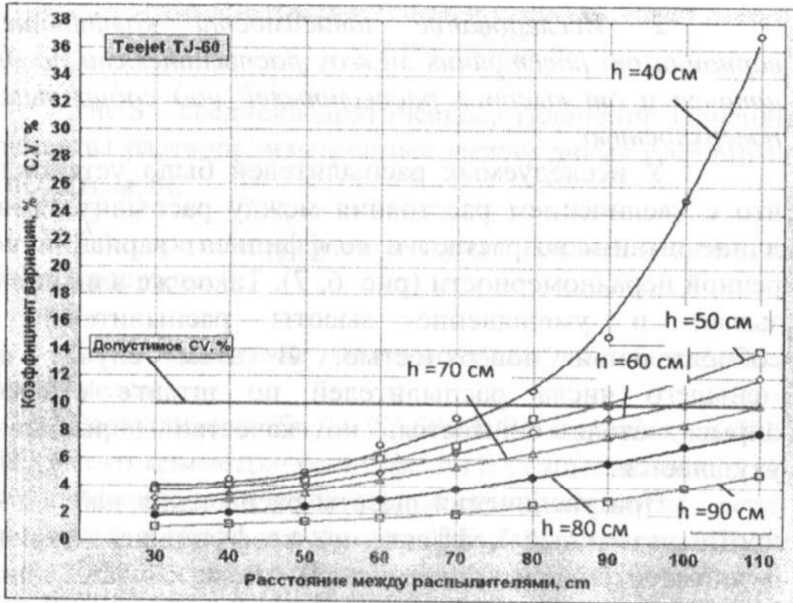


Рис. 6. Графики зависимости С.В. от расстояния между распылителями Teejet TJ-60 при различных высотах штанги

Учитывая то, что качественное распределение рабочей жидкости осуществляется при  $CV \leq 10\%$  на базе полученных зависимостей из рис. 6 для распылителей Teejet TJ-60 рекомендуются следующие сочетания высоты штанги  $h$  и расстояния между распылителями  $b$  (табл. 1).

Таблица 1  
Рекомендации к использованию распылителей Teejet TJ-60

При высоте штанги $h$ , см	40	50	60	70	80	90
Обеспечить расстояние $b$ , см	<70	<85	<95	<105	<110	<110

Необходимо знать, что при высоте  $h > 60$  см опасность побочного перемещения капель ветром (драфт) увеличивается чрезмерно и необходимо работать в тихое и спокойное время - скорость ветра не должна превышать  $1 \div 1,5$  м/с.

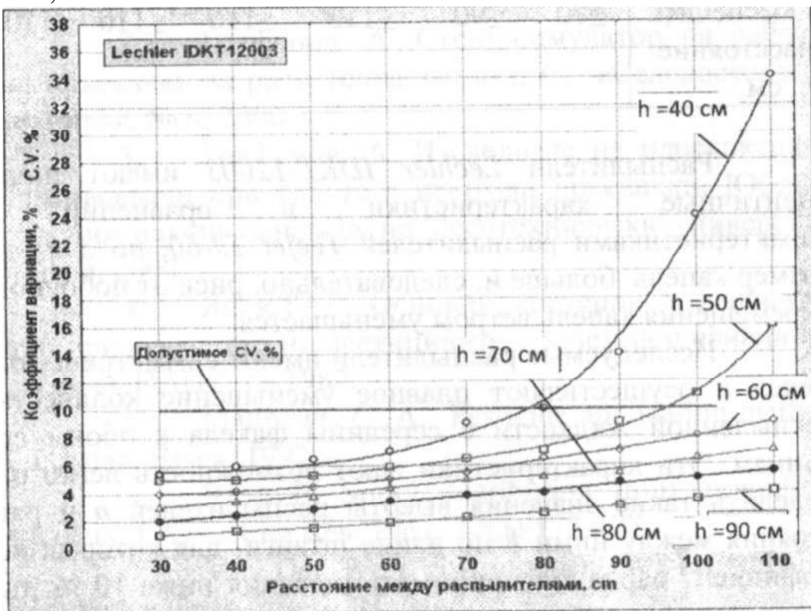


Рис. 7. Графики зависимости С.В. от расстояния между распылителями *Lechler IDKT-12003* при различных высотах штанги

На базе полученных зависимостей из рис. 7 для распылителей *Lechler IDKT-12003* рекомендуются следующие сочетания высоты штанги  $h$  и расстояния между распылителями  $b$  (табл. 2).

**Рекомендации к использованию распылителей  
Lechler IDKT-12003**

При высоте штанги $h$ , см	40	50	60	70	80	90
Обеспечить расстояние $b$ , см	<70	<90	<110	<110	<110	<110

Распылители *Lechler IDKT-12003* имеют почти идентичные характеристики в сравнении с характеристиками распылителей *Teejet TJ-60*, но для них размер капель больше и, следовательно, риск от побочного перемещения капель ветром уменьшается.

Исследуемые распылители имеют симметрический факел и осуществляют плавное уменьшение количества распыленной жидкости с середины факела к обоим его концам. Эти характеристики дают возможность легко определить такие значения высоты распылителей  $h$  и расстояния между ними  $b$  по длине штанги, для которых коэффициент вариации принимает значения ниже 10 %, т.е. распределение рабочего раствора будет с хорошей равномерностью.

У исследуемых распылителей воспроизводимость опытов при работе с одним и тем же размером сопла очень хорошая. В этом случае рекомендации, которые будут сделаны к подборке сочетаний между высотой расположения распылителей над поверхностью, расстоянием между распылителями по длине штанги и давлением рабочей жидкости, обеспечивают большую точность предписания и в реальной работе на поле получаются хорошие результаты по отношению к поперечной неравномерности распределения рабочей жидкости.

## Литература

1. Присадашки, Ц. Машини за малообемно и ултра-мало обемно пръскане при селскостопанските култури. Земиздат. С. 1985.
2. Трифонов, А. Стенд-симулатор на работата на пръскачки за растителна защита. С. «Селскостопанска техника», № 4, 2000.
3. Трифонов, А. Изследване на плоскоктруйни разпръсквачи при работа с щангови пръскачки. Юбилеен сборник научни доклади на Лесотехнически университет, София, 2000.
4. Янев, Т. Г. Основни критерии и изисквания при приложението на пестицидите с наземна и авиационна техника. НАПС. С. 1982.
5. Matthews, G. A. Pesticide application methods. Longman. Essex, 1992.
6. Rice, B. Spray distribution from ground-crop sprayers. J.Agric.Eng.Res. 1967, 12(3) 173-177.
7. Van Der Weij. Spsuitdoppen en vloeistofverdeling. Inst, voor Biologisch. Holland.

Примечание: Настоящее исследование сделано по заказу фермера Василия Танкова из Пловдивской области (Болгария), чтобы помочь ему принять решение, какими распылителями переоборудовать свои опрыскиватели для улучшения качества химической обработки.

## RESEARCH OF CROSS-SECTION NON-UNIFORMITY OF BAR SPRAYING BY THE SPRAYER WITH HYDRAULIC TWOSTREAM SLOT-HOLE SPRAYS OF FIRMS «LECHLER and TEEJET»

*A. D. Trifonov, the candidate of technical science, the docent of the Agrarian University (Plovdiv), Bulgaria*

Annotation. Non-uniformity of spraying is experimentally certain by a solution of plants at a variation of geometrical parameters of position of sprays. Two types of sprays participated in experience - Teejet TJ - 60 and Lechler IDKT. Research is custom-made the farmer and has applied character.

**The keywords.** Spray, experiment, non-uniformity, geometrical parameters, variation.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ПНЕВМОСЕПАРИРУЮЩЕМ КАНАЛЕ

*Н. В. Турубанов, старший научный сотрудник лаборатории механизации животноводства Государственного научного учреждения Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства северо-востока Россельхозакадемии (ГНУ НИИСХ Северо-Востока Россельхозакадемии)*

**Аннотация.** В статье приведены два метода решения инженерной задачи о движении воздушной среды в пневмосепарирующем канале молотковой дробилки. Рассмотрено движение воздушного потока по каналу без учета турбулентного трения и произведен расчет усредненного поля скоростей воздушного потока с учетом турбулент-



ного трения. Сделан вывод о том, что из сравнения двух методов расчета по конечно-элементной модели более точные результаты получены по уравнениям, учитывающим вязкость турбулентного потока.

**Ключевые слова:** воздушный поток, дробилка, метод, расчет, поле скоростей.

Необходимость проведения исследований воздушного потока в пневмосепарирующем канале обусловлена близостью расположения генератора воздушного потока - ротора молотковой дробилки, который создает вихревое поле скоростей, ухудшающее обеспечение равных условий сепарации во всех зонах пневмосепарирующего канала. В большинстве прикладных задач аналитическое решение затрудняется учетом разнообразных граничных условий, накладываемых на движение потока, и наличием дисперсных частиц, которые создают сопротивление движению воздуха. Поэтому выбор метода решения инженерных задач о движении воздушной среды в технических устройствах является актуальным и необходимым для получения расчетных соотношений.

Рассмотрим движение воздушного потока по каналу без учета турбулентного трения.

При движении воздуха в каналах и камерах, в соответствии с теорией Прандтля, поток можно разбить на две области: сравнительно тонкий слой, располагающийся вблизи твердых стенок - пограничный слой, где влиянием вязкости воздуха пренебречь нельзя, и прочую часть потока, в которой можно пренебречь вязкостью и течение в ней описывается законами идеальной жидкости.

Характер течения вязкой жидкости, которой является воздух при давлениях близких к атмосферному, определяется числом Рейнольдса  $Re$

$$Re = \frac{vl}{\nu},$$

где  $v$  - скорость потока;  $l$  - характерный размер (глубина канала);  $\nu$  - кинематическая вязкость.

В канале поток является турбулентным во всех точках за исключением очень тонкого ламинарного слоя, который не рассматривался, так как его толщина составляет 1...2 мм.

Турбулентные потоки описываются путем представления мгновенных значений переменных и скоростей, как суммы среднего значения  $\vec{v}$  и случайного отклонения от него  $\vec{v}'$ :

$$\vec{v}_T = \vec{v} + \vec{v}'.$$

Усредненное турбулентное течение удовлетворяет условию неразрывности, которое при плоском течении запишется:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0.$$

Рассматриваем усредненные значения параметров турбулентного потока как характеристики потенциального течения, для которого возможно записать уравнение Лапласа:

$$\nabla^2 u = 0,$$

где  $\nabla$  - оператор Гамильтона,  $u$  - потенциал скорости.

При плоском течении это уравнение имеет вид:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0.$$

Функция  $u$  имеет физический смысл величины, пропорциональной избыточному статическому давлению в потоке, взятому с противоположным знаком. Граничные условия для уравнения (1) бывают двух типов:

а) главные граничные условия на  $S_1$  (рис. 2.1) вида  $u = \bar{u}$

б) естественные граничные условия на  $S_2$  с заданием нормальной составляющей скорости

$$\bar{q}_n = \frac{\partial u}{\partial n},$$

где  $\vec{n}$  - нормаль к границе.

Решение уравнения (1) может быть проведено численно, например, методом конечных разностей, либо приближенными аналитическими методами. Наиболее эффективным из последних является метод Галеркина [1, 2].

Основными этапами применения метода являются следующие [3, 4]:

1) дискретизация задачи, то есть представление области в виде совокупности конечных элементов, взаимосвязанных в узловых точках;

2) получение матриц элементов;

3) построение общей матрицы для всей области и вектора нагрузки;

4) наложение граничных условий;

5) решение системы уравнений;

6) расчет любой другой функции, зависящей от узловых неизвестных.

После проведения всех соответствующих расчетов с учетом граничных условий, определяем скорости воздушного потока:

$$\begin{Bmatrix} v_x \\ v_y \end{Bmatrix} = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} b_1 & b_2 & b_3 \\ a_1 & a_2 & a_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_{n1} \\ u_{n2} \\ u_{n3} \end{Bmatrix} \quad (2)$$

С помощью приведенных отношений можно вычислить  $v_x$ ,  $v_y$  для всех элементов, причем в данном случае эти величины постоянны в пределах каждого из элементов. Схема разбиения пневмосепарирующего канала на конечные элементы и результаты расчета поля скоростей приведены на рисунке 1, а.

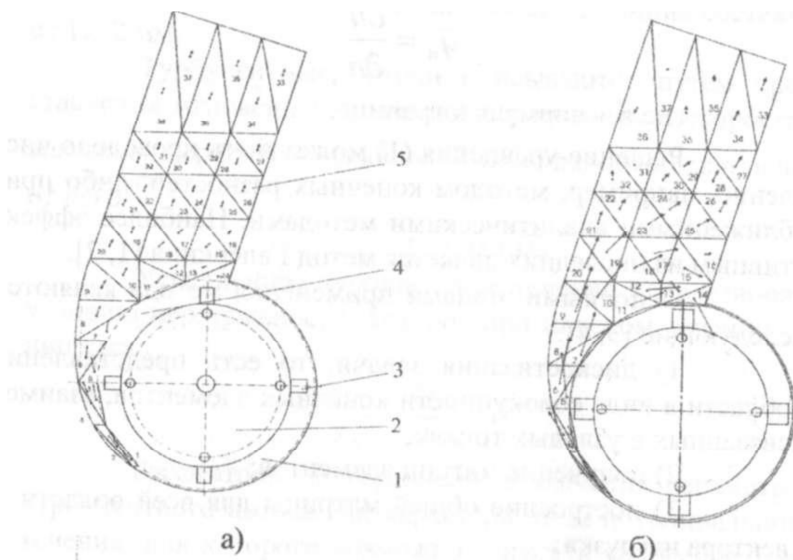


Рис. 1. Схема разбиения пневмосепарирующего канала на конечные элементы:

а) результаты расчета поля скоростей: 1 - камера измельчения; 2 - ротор; 3 - молоток; 4 - окно выгрузки готового продукта и возврата недоизмельченного зерна; 5 - канал пневмосепарирующий; б) экспериментальное поле скоростей воздушного потока в пневмосепарирующем канале дробилки

Для проверки теоретических расчетов проведены измерения величины и направления скорости воздушного потока в центрах соответствующих элементов. Результаты измерений отображены на рисунке 1,б . Длина и направление векторов на рисунке 1 соответствуют величине и направлению скорости, полученной в результате расчета и эксперимента с учетом масштаба.

Общий характер теоретического и экспериментального распределения полей скоростей совпадают, однако, теоретическое распределение более равномерно по ширине канала на выходе, что обусловлено допущением потенциального течения потока без учета его вязкости и завихренности (в элементах 38, 37, 31 направления скоростей не совпадают с экспериментальными).

Результаты расчетов поля скоростей воздушного потока в каналах и камерах, как потенциального потока, можно рассматривать лишь как первое приближение к реальному движению среды. О чем говорит и сравнение этих результатов с экспериментальными данными. Хаотичное движение частиц турбулентного потока приводит к случайным пульсациям скорости и давления в каждой его точке, что делает невозможным интегрирование уравнений движения вязкой жидкости при больших числах Рейнольдса[4].

Произведем расчет усредненного поля скоростей воздушного потока с учетом турбулентного трения.

Запишем уравнения импульсов для потока воздуха [58]:

$$-\frac{\partial p}{\partial x_k} + \frac{\partial \tau_{jk}}{\partial x_i} + \rho \chi_k = \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho v_j \cdot v_k) + \frac{\partial}{\partial t} (\rho v_k), \quad (3)$$

где (как и далее) предполагается суммирование по повторяющемуся индексу  $j - 1,2,3$ , что соответствует координатам  $x,y,z$ ;  $p$  - статическое давление;  $\tau_{jk}$  - вязкие напря-

жения;  $\rho$  - плотность потока;  $\chi_k$  - удельные объемные силы;  $v_j, v_k$  - скорости в проекции на соответствующее направление -  $j, k$ .

В турбулентном потоке представим мгновенные значения переменных как сумму средних их значений и случайного отклонения от них:

$$\begin{cases} \bar{v} = \bar{v}' + \bar{v}''; \\ p = p' + p''. \end{cases} \quad (4)$$

Подстановка вместо  $\vec{v}$  и  $p$  выражений (4) и применение оператора осреднения  $\langle \dots \rangle$  ко всем членам уравнения (3) приводит к соотношению:

$$-\frac{\partial p'}{\partial x_k} + \langle \rho \chi_k \rangle + \frac{\partial}{\partial x_j} (\langle \tau_{jk}^f \rangle - \rho_0 \langle v_j^n v_k^n \rangle) = \rho_0 \frac{\partial}{\partial x_j} (v_j^{v_k'}) + \rho_0 \frac{\partial}{\partial t} v_k' \quad (5)$$

Представим члены второго порядка как дополнительные напряжения, тогда:

$$\tau = \tau^f + \tau^t; \quad (6)$$

$$\langle \tau_{jk}^f \rangle = -\rho_0 \langle v_j^n v_k^n \rangle, \quad (7)$$

где  $\rho_0$  - средняя плотность среды. Предположим, что поток воздуха - это несжимаемая Ньютоновская жидкость, то есть:

$$\tau_{jk}^f = \mu^f \left( \frac{\partial v_j}{\partial x_k} + \frac{\partial v_k}{\partial x_j} \right) \quad (8)$$

$$\rho = \rho_0; \quad \frac{\partial v_i}{\partial x_i} = 0; \quad (9)$$

где  $\mu^f$  - динамическая вязкость воздуха.

Подставим  $\tau_{jk}^f$  в уравнение (5) и опустим штриховые индексы, полагая  $\vec{v}$  и  $p$  осредненными:

$$-\frac{\partial}{\partial x_k} \left( \frac{p}{\rho_0} \right) + \chi_k + \nu^f \nabla^2 v_k + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x_j} \tau_{jk}^f = \frac{\partial}{\partial x_j} (v_j v_k) + \frac{\partial}{\partial t} v_k, \quad (10)$$

где кинематическая вязкость  $\nu^f = \frac{\mu^f}{\rho_0}$

Предполагая изотропию для рейнгольдсовых напряжений  $\tau_{jk}^f$ , введем коэффициент  $\eta$  - «вихревой» вязкости:

$$\tau_{jk}^f = \eta \rho_o \left( \frac{\partial v_j}{\partial x_k} + \frac{\partial v_k}{\partial x_j} \right)$$

тогда, объединяя в соответствии с выражением (6) диссипативные слагаемые и вязкости:

$$\nu = \nu^f + \eta$$

получим из выражения (10) уравнение:

$$-\frac{\partial}{\partial x_k} \left( \frac{p}{\rho_o} \right) + \chi_k + \nu \nabla^2 v_k = \frac{\partial}{\partial x_j} (v_j v_k) + \frac{\partial}{\partial t} v_k \quad (12)$$

$$k = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3,$$

в котором коэффициент  $\nu$  - кинематической «вихревой» вязкости, учитывающий и ламинарную вязкость воздуха, в соответствии с уравнением (11).

Таким образом, для осредненных значений скоростей и давлений учет пульсаций воздушного потока сводится к появлению дополнительных диссипативных слагаемых в уравнении импульсов, которые учтены вместе с вязкими членами в последнем слагаемом левой части уравнения (12).

Остановимся на случае плоского течения  $k = 1, 2; j = 1, 2$ . Уравнения (12) и уравнение неразрывности (9) составляют полную систему уравнений, которая с учетом граничных условий позволяет определить распределение поля осредненных скоростей воздушного потока.

Введем в рассмотрение функцию тока  $\psi$  [5], с целью исключения из уравнения (12) статического давления  $p$  и тождественного выполнения уравнения неразрывности течения (9). Функция тока  $\psi$  определяется с точностью до постоянного слагаемого таким образом, что компоненты скорости связаны с ней соотношениями:

$$v_1 = \frac{\partial \psi}{\partial x_2}; v_2 = \frac{\partial \psi}{\partial x_1} \quad (13)$$

$$x_1 = x; x_2 = y; v_1 = v_x; v_2 = v_y$$

Продифференцируем первое уравнение (12) по  $x_2$ , а второе по  $x_1$  и вычтем одно из другого с учетом (13), получим:

$$\frac{\partial \chi_1}{\partial x_2} - \frac{\partial \chi_2}{\partial x_1} + v \nabla^4 \psi = \frac{D}{Dt} (\nabla^2 \psi) \quad (14)$$

При отсутствии распределенных массовых сил  $\chi_1$  и  $\chi_2$  уравнение (14) примет вид:

$$v \nabla^4 \psi = \frac{D(\nabla^2 \psi)}{Dt} \quad (15)$$

С целью понижения порядка производных введем функцию завихренности  $\omega$ :

$$\omega = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial v_2}{\partial x_1} - \frac{\partial v_1}{\partial x_2} \right) = -\frac{1}{2} \nabla^2 \psi \quad (16)$$

тогда, подставляя (15) в (16), получим:

$$v \nabla^2 \omega = \frac{D\omega}{Dt} \quad (17)$$

$$\text{где } \omega = -\frac{1}{2} \nabla^2 \psi \quad (18)$$

Естественные граничные условия для уравнений (17), (18):



$$\begin{cases} v \frac{\partial \omega}{\partial n} = g_{\omega} & \text{на } S_{\omega}; \\ \frac{1}{2} \frac{\partial \psi}{\partial n} = g_{\psi} & \text{на } S_{\psi}. \end{cases} \quad (19)$$

Главные граничные условия соответствуют заданию значения функций тока  $\psi$  и завихренности  $\omega$  на границе области.

Для получения конечно-элементной модели решения уравнений (17), (18) с учетом граничных условий (19) применим для области течения одного конечного элемента метод Галеркина, и проведя соответствующие преобразования, получаем одно дифференциальное матричное уравнение для завихренности и одно алгебраическое для функции тока:

$$[M]\{\dot{\omega}\} + [H]\{\omega\} + v[K]\{\omega\} = \{B_{\omega}\}; \quad (20)$$

$$\frac{1}{2}[K]\{\psi\} = \{B_{\psi}\} + [M]\{\omega\}, \quad (21)$$

где все матрицы имеют глобальную нумерацию узлов и размеры, соответствующие числу узловых точек.

Для получения единственного решения уравнений (20), (21) необходимо учесть главные граничные условия путем задания значений функций тока и завихренности для некоторых узлов на границе области.

Интегрирование уравнений (20) эффективно проводить явными методами вследствие существенной их нелинейности. Нами использован метод Рунге-Кутты четвертого порядка в одной из его модификаций. То есть на каждом шаге по времени  $\Delta t$  вычислялись четыре значения завих-

ренности в интервале  $t_i \leq t \leq t_i + \Delta t$ . Уравнение (20) схематично представим в виде:

$$\left\{ \frac{d\omega}{dt} \right\} = \{ f(\omega) \}.$$

Вычисление поля скоростей воздушного потока при известных узловых значениях функций тока в соответствии с уравнениями (13) проводилось с помощью программного цикла по элементам и матричному соотношению:

$$\begin{Bmatrix} v_x \\ v_y \end{Bmatrix} = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ -b_1 & -b_2 & -b_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \psi^1 \\ \psi^2 \\ \psi^3 \end{Bmatrix}. \quad (22)$$

Таким образом, проекции скорости от, и>; необходимо отнести к центру тяжести треугольного элемента, так как предполагается линейное изменение функций тока и завихренности внутри области каждого конечного элемента. Развитие скорости ( $v_x$ ,  $v_y$ ) во времени соответствует распространению завихренности  $\{\omega\}$  по области течения.

Для проведения экспериментальных исследований движения воздушного потока область течения разбита на конечные элементы в пневмосепарирующем канале дробилки зерна. Источник завихренности располагается на оси ротора дробилки (узел 41). Исходная завихренность со в остальных узлах равнялась нулю. Граничными условиями были приняты постоянные значения функции тока  $\psi$  на границе области с узлами: 1, 3, 6, 13, 19, 25, 35 и на границе с узлами 10, 18, 24, 30, 40. Завихренность в узле 41  $\omega = -50$  рад/с, что соответствует вращению сопутствующего потока ротору, в узлах 2, 36, 37, 38, 39 полное отсутствие завихренности потока ( $\omega = 0$ ). По алгоритму рассчитывалось распространение завихренности по области течения во времени и соответствующее изменение значений функции

тока, по которой в соответствии с выражениями (22) определялись скорости воздушного потока в центре тяжести каждого элемента на каждом шаге интегрирования по времени.

На рисунке 2,а представлено поле скоростей потока в пневмосепарирующем канале после выхода на установившийся режим при кинематической вихревой вязкости  $\nu = 0,06 \text{ м}^2/\text{с}$ . Сравнение с экспериментальной картиной течения (рис. 2,б) показывает удовлетворительную точность расчетов не только по направлению скоростей потоков, но и по распределению отклонений значений скоростей от средних значений (длина векторов скоростей соответствует их нормированному модулю).

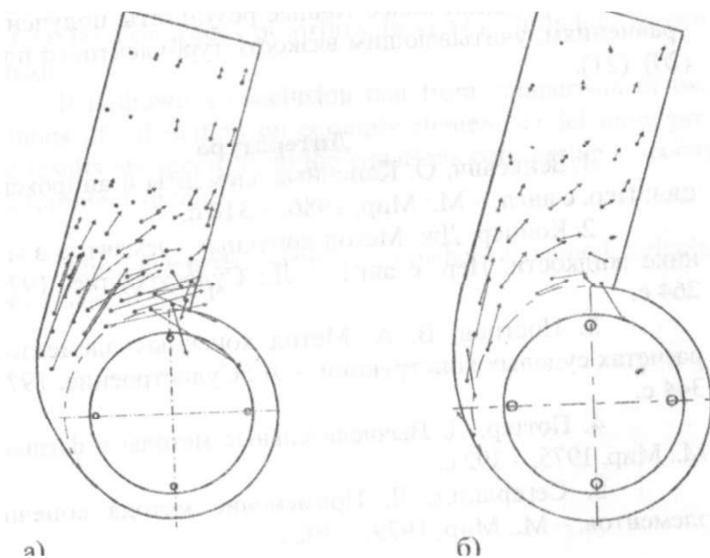


Рис. 2. Поле скоростей воздушного потока:  
а) расчетное; б) экспериментальное

Сравнение поля скоростей, рассчитанного, показывает лучшее совпадение с экспериментальными исследованиями, чем по модели течения потенциального потока (рис. 1,а).

На основании проведенных теоретических исследований течения воздушного потока в пневмосепарирующем канале дробилки можно сделать выводы:

- предложенная конечно-элементная модель расчета поля скоростей воздушного потока позволяет оценить распространение завихренности во времени по длине канала и рассчитать значения функции тока в каждый момент времени, по которым находятся векторы скорости в зависимости от координат точек поля;

- из сравнения двух методов расчета по конечно-элементной модели более точные результаты получены по уравнениям, учитывающим вязкость турбулентного потока (20), (21).

### **Литература**

1. Зенкевич, О. Конечные элементы и аппроксимация: Пер. с англ. - М: Мир, 1986. - 316 с.
2. Коннер, Дж. Метод конечных элементов в механике жидкости. Пер. с англ. - Л.: Судостроение, 1979. -264 с.
3. Постнов, В. А. Метод конечных элементов в расчетах судовых конструкций. - Л.: Судостроение, 1974. -344 с.
4. Поттер, Д. Вычислительные методы в физике. - М.:Мир, 1975.-392 с.
5. Сегерлинд, Л. Применение метода конечных элементов. - М.: Мир, 1979. - 392 с.

## MATHEMATICAL MODELLING AIRFLOW IN THE PNEUMOSEPARATING CHANNEL

*N. V. Turubanov, senior researcher, laboratory of animal mechanization State scientific institution Zonal research institute of agriculture northeast Rosselhozakademii (GNU NIISX Nort-Heast Rosselhozakademii)*

**Annotation.** In article two methods of the decision of an engineering problem about movement of the air environment in the pneumoseparating channel hammered crushers are resulted.

Movement of airflow on the channel without taking into account turbulent friction is considered and calculation of the average field of speeds of airflow in view of turbulent friction is made.

It is drawn a conclusion that from comparison of two methods of calculation on certainly-element model more precise results are received on the equations considering viscosity of a turbulent stream.

**The keywords.** Airflow, a crusher, a method, calculation, a field of speeds.

## СВЕЧА ЗАЖИГАНИЯ - ПАРАМЕТР ДИАГНОСТИКИ

*А. Ю. Швецов, зав. лабораторией, кафедры ОиТРМ  
ГОУ ВПО «Нижегородский государственный инженерно-  
экономический институт»*

**Аннотация.** Показаны характерные случаи состояния свечей и определение по ним неисправности двигателя.

**Ключевые слова:** свеча зажигания, диагностика, неисправность, способ устранения.

Во времена широко развитого техсервисного бизнеса, не редки случаи обмана клиентов. Это вызвано технической безграмотностью автовладельцев, обращающихся за помощью в автосервис. На самом деле, чего проще, выдать заказчику информацию о состоянии автомобиля не соответствующую действительности (значительно преувеличивая те или иные неисправности) принуждая клиента к заблаговременному, а порой и не нужному ремонту. Наиболее благоприятный для этих целей двигатель. Он трудно поддается диагностике и практически не имеет возможности уличить нечистого на руку сервисмена. Тем не менее, есть возможность определить состояние двигателя, не прибегая к услугам диагноста, или, по крайней мере, заранее зная неисправности данного агрегата заказывать только определенный перечень работ.

В качестве диагноста в данном случае выступает свеча зажигания. Свеча может рассказать о состоянии двигателя почти все, если, конечно, вы её вывернули и осматриваете. Поводом для осмотра свечей, не считая очередного обслуживания, обычно являются отклонения в работе двигателя.

О неисправностях говорит: электроды и изолятор с темно-коричневыми с пятнами, ободок, покрытый черным рыхлым нагаром с пятнами; мокрая резьба (бензин, масло); иногда на сгибе бокового электрода имеется желтое пятно. У неработающей свечи ободок, электроды и конус изолятора покрыты нагаром и мокрые. Если свеча негерметична, появляется темный ободок и снаружи изолятора у металлического корпуса. Неработающую свечу можно свободно выдать за нарушение смесеобразования и навязать вполне ненужную очистку карбюратора, покупку нового воздушного фильтра или очистку дроссельного узла на инжекторном двигателе.

Состояние свечей, когда они «мокрые» (в бензине) или «замасленные», встречается редко, особенно если двигатель не новый. Как правило, на свече - смесь бензина и масла. При попадании масла в камеру сгорания ухудшается и процесс сгорания бензина.

Воспламенение смеси бензина с воздухом происходит следующим образом. Высокое напряжение на электродах ионизирует пространство между ними и вызывает проскакивание искры. Искра нагревает некоторое небольшое по объему количество смеси до температуры воспламенения. Далее пламя распространяется по всему объему камеры сгорания. При нормальном соотношении бензина к воздуху (1 часть воздуха к 14 частям бензина) свеча имеет чистую и сухую поверхность светло-песочного цвета. Причем идеально чистая поверхность говорит совсем не об идеальных параметрах работы двигателя. Вероятнее всего, что происходит попадание охлаждающей жидкости в камеру сгорания и происходит омывание свечи.

Условия работы свечи очень напряженные. На работающем двигателе она контактирует с продуктами сгорания при температуре до 2700 °С и давления 5-6 МПа (50-

60 кгс/см<sup>2</sup>). В камере сгорания температура газовой среды колеблется от 70 до 2000-2700 °С.

При всём этом температура нижней части изолятора у современных свечей должна быть в пределах 400-900 °С (ранее 500-600 °С). Диапазон 400-900 °С - тепловые пределы работоспособности (температуры самоочистки и перегрева) свечей зажигания. При температуре ниже 400 °С даже при нормальном составе смеси, маслоотражательных колпачках и кольцах на тепловом конусе возможно отложение нагара. Искры между электродами временами вообще не будет - в работе двигателя появятся сбои.

Если температура теплового конуса более 900 С, то происходит воспламенение рабочей смеси уже не искрой, а от соприкосновения с раскаленным изолятором, электродами, с частицами сгоревшего нагара (калильное зажигание). Двигатель продолжает «работать» и при выключенном зажигании. Из-за перегрева начинают выгорать электроды, изолятор, появляется эрозия торца корпуса.

Попадание тонких частиц (песок) на резьбу приводит к смещению её в резьбовом отверстии головки, в результате чего отвод тепла от свечи ухудшается.

При покупке иностранных свечей необходимо иметь в виду, что, например, свечи Bosch производства Германии или Индии могут существенно отличаться (и не только в цене).

Оценить неисправность, которая «показывает себя» на свече можно при визуальном осмотре. При этом необходимо иметь в виду, что оцениваются только штатные (рекомендуемые) свечи.

*Черной копотью покрыты корпус, изолятор и электроды.*

Возможные причины: длительная работа на холостом ходу, неправильная регулировка угла замкнутого состояния контактов (или зазора в прерывателе), неис-



правность конденсатора, переобогащение смеси, неисправность свечи, нарушение зазоров между электродами свечи. Для инжекторных двигателей - это засорение воздушного фильтра или заклинивание датчика холостого хода, который остается закрытым после прогрева двигателя.

*Замасленная свеча.* Если двигатель с большим пробегом и все свечи примерно в одинаковом состоянии, вероятнее всего «виноват» износ цилиндров, колец, поршней.

Бывает появление масла в период обкатки двигателя, но это явление временное.

*Выгоревшие или сильно корродированные электроды, поясок, изъязвленный тепловой конус изолятора говорят о перегреве свечи.* Перегрев бывает при низкооктановом бензине, неверной установке момента зажигания, слишком бедной смеси. Для инжекторных двигателей с установленным датчиком детонации, данная проблема не возникает.

*Если масло обнаружено на одной свече, то скорее всего подгорел выпускной клапан.* При этом двигатель работает на холостом ходу неравномерно. Ремонт лучше не откладывать, так как за клапаном может обгореть седло.

Оплавленные электроды, поврежденный тепловой конус изолятора - такое происходит при слишком раннем зажигании. И опять данная неисправность исключается на инжекторных двигателях.

Поменяв свечи местами, можно узнать нечто большее. Если свеча продолжает «нарастать» нагаром и в другом цилиндре - значит она неисправна. А если нормальная свеча из другого цилиндра в данном цилиндре покрылась нагаром, как и предыдущая, значит, неисправность надо искать в кривошипно-шатунном механизме цилиндра.

Свечи зажигания существенно различаются своей теплонапряженностью, т.е. способностью работать при разной степени нагрева. Например, свечи с большей теплоотдачей называются «холодными», а с меньшей теплоотдачей - «горячими».

Тепловой режим в камере сгорания двигателя зависит, в первую очередь, от степени сжатия. Для двигателя с малой степенью сжатия применяются свечи более «горячие», иначе они не будут самоочищаться. Двигатели с высокой степенью сжатия имеют более напряженный тепловой режим. Существует опасность в перегреве свечей, поэтому применяются свечи более «холодные».

Теплоотдача свечи определяется целым рядом параметров: длиной резьбы и теплового конуса, зазором между тепловым конусом и корпусом, длиной верхней части изолятора и ребра (канавки) на нём, теплопроводностью материалов (изолятора, электродов, корпуса и т.д.).

Теплоотдача свечи характеризуется калильным числом (входит в обозначение свечи). Причем идеально чистая поверхность говорит совсем не о идеальных параметрах работы двигателя. Вероятнее всего, что происходит попадание охлаждающей жидкости в камеру сгорания и происходит омывание свечи.

Калильное число условно означает время в секундах, по истечении которого на свече, установленной на специальном двигателе (работающем в определенном режиме), возникает калильное зажигание, т.е. воспламенение рабочей смеси не от искры, а от раскаленных изолятора, электродов, корпуса.

Таблица 1

## Характерные случаи состояния свечей зажигания

Электроды	Тепловой износ изолятора	Эксплуатационное состояние
Темные, светло-коричневые, светло-серые	Светло-коричневые	Свечи, карбюратор, двигатель в нормальном состоянии
Черные или закопченные	Черный или закопченный	Смесь слишком богатая, слишком большой зазор между электродами
Серые, мелкие следы оплавления	Светло-серый, белый	Смесь слишком бедная, свечи негерметичны или вывернулись, клапаны закрываются негерметично
Замаслены	Замаслен	Изношены поршни, кольца, вышли из строя свечи

Опираясь на данные таблицы, можно самостоятельно определить состояние двигателя и самому определить перечень необходимых работ по восстановлению нормальной работы двигателя.

## SPARK PLUG - PARAMETER OF DIAGNOSTICS

*A. Y. Shvetcov, manager of the laboratory of the chair «the Organization and technology of car repairing» the Nizhniy Novgorod state engineering- economic institute*

**Annotation.** Characteristic cases of a condition of candles and definition on them are shown to defect of the engine.

**The keywords.** A spark plug, diagnostics, defect, a way of elimination.

Научное издание

ВЕСТНИК  
Нижегородского государственного  
инженерно-экономического  
института

Серия технические науки  
Выпуск 1 (2)

*Главный редактор А. Е. Шамин*  
*Отв. редактор серии Е. В. Королев*

*Отв. редактор выпуска Е. В. Королев*  
*Корректор И. В. Рябова*

Журнал зарегистрирован Управлением Федеральной службы  
по надзору в сфере связи, информационных технологий  
и массовых коммуникаций по Нижегородской области  
Регистрационное свидетельство ПИ № ТУ 52-0345 от 10 августа 2010 г.

Сдано в набор 17.03.2011 Подписано в печать 21.03.2011  
Формат 60×90 1/16. Бумага писчая. Гарнитура Times New Roman.  
Усл. печ. л. 9,70 Уч.-изд. л.5,90 Тираж 1000 экз. Заказ.16

---

Отпечатано в типографии НГИЭИ в полном соответствии  
с предоставленным оригинал-макетом  
606340, Нижегородская область, г. Княгинино, ул. Октябрьская, 22