УДК: 630.182.49/ 574.472/ 591.524.23

АНТРОПОДИНАМИЧЕСКИЕ СУКЦЕССИИ АВИФАУНЫ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЛЕСОВ ВОСТОЧНОГО ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ

Гриднева В.В., ФГБОУ ВО Ивановский государственный университет;
Мельников В. Н., ФГБОУ ВО Ивановский государственный университет;
Шмелёва Г. П., ФГБОУ ВО Ивановский государственный университет, Шуйский филиал

В статье описаны тенденции динамики населения птиц в ходе сукцессионных процессов, вызванных рубками и последующими лесохозяйственными мероприятиями и оценка воздействия на авифауну подсочки и пирогенных изменений. Обобщены, систематизированы и проиллюстрированы схематически материалы многолетних площадочных учетов гнездящихся птиц в сфомированных рубками и последующей сукцессией лесных биотопах. На территории Восточного Верхневолжья площадочным учетом птиц обследованы сообщества, сформированные рубками различных технологий и целевого назначения на ключевых стадиях сукцессии, охватывающие все типы эксплуатируемых лесов. Работа велась на 4 стационарах, леса которых наиболее типичны для Восточного Верхневолжья, а лесоэксплуатация на протяжении нескольких десятилетий постоянно поддерживается на среднем уровне интенсивности. В полевые сезоны 2006 – 2012 гг. проведены количественные учёты птиц на 40 площадках общей площадью 361,8 га (с учетом многолетних и многократных посещений около 1600 га.), выявлено 483 гнездовых участка 46 видов птиц. Изучена динамика гнездовой фауны и населения птиц при сукцессии вырубок до смыкания кронами посадки или подроста. Выделены 3 основных этапа сукцессии с различными экологическими условиями обитания птиц: открытые вырубки, закустаренные вырубки, жердняки. Рассмотрено влияние на население птиц естественного хода восстановительной сукцессии, а также основных воздействий лесохозяйственной деятельности (сплошная и выборочная рубка, проходная рубка, посадка сеянцев хвойных, прочистка, прореживание) и природных пожаров. По результатам исследования разработана схема антроподинамической сукцессии авифауны в эксплуатируемых лесах Восточного Верхневолжья. Предложена концепция антроподинамической посттехногенной сукцессии.

Ключевые слова: *авифауна, видовое богатство, плотность населения птиц, динамика, сукцессии, вырубки, прореживания, санитарные рубки, гари, Восточное Верхневолжье.*

Для цитирования: *Гриднева В.В., Мельников В. Н., Шмелёва Г. П. Антроподинамические сукцессии авифауны эксплуатируемых лесов восточного Верхневолжья // Аграрный вестник Верхневолжья. 2018. № 1 (22). С. 42-49.*

Введение Восстановление лесов на вырубках и гарях является самой масштабной формой антропогенной динамики лесных экосистем. Воздействие на фауну и население птиц лесных регионов современной структуры, объёма и технологий лесозаготовок давно требует специальных исследований [1]. Актуальна и тема оценки воздействия на авифауну альтернативных методов лесоэксплуатации, которая в русскоязычных орнитологических работах освещена совсем мало. Последний крупный обзор о влиянии лесопользования на птиц лесной зоны Европейского центра России вышел из печати более 30 лет назад [2].

В настоящее время в Восточном Верхневолжье ведется комплексная работа по изучению

динамики авифауны в ходе демутационных сукцессий различных экосистем после техногенных воздействий [8, 10, 11]. Данные об антроподинамических восстановительных сукцессиях авифауны лесных территорий (исходного типа растительности региона) после рубок значительно дополняют накопленный ранее материал [3, 9]. Антроподинамическая сукцессия лесной растительности в нашем понимании – это вторичная демутационная сукцессия, опосредованная рубками и последующими поэтапными лесохозяйственными мероприятиями, заканчивающаяся не климаксом, а антропогенным субклимаксом (вторичным лесом или лесонасаждением).

Цель исследования: разработать схему антроподинамической сукцессии авифауны в эксплуатируемых лесах на основе обобщения и систематизации данных об антроподинамических сукцессиях авифауны эксплуатируемых лесов, полученных в ходе комплексного исследования в Восточном Верхневолжье.

Характеристика места исследования. Восточная часть Верхневолжья – регион, расположенный в центре нечерноземной зоны Восточно-Европейской равнины в бассейне рек Клязьмы и Волги в пределах Горьковского водохранилища. Преобладающим типом растительности региона являются леса, занимающие около половины территории, и трансформация лесных экосистем в результате ведения лесоэксплуатации является здесь наиболее значимым видом антропогенного воздействия на естественные ландшафты. Территории вырубок, образующиеся в результате применения сплошнолесосечных рубок, являются самыми распространенными из сформированных лесопользованием в Восточном Верхневолжье биотопов, а сукцессия после вырубок – основной вид антропогенной динамики лесов региона. Оценивая воздействие эксплуатации лесов на орнитокомплексы Восточного Верхневолжья, следует отметить, что данный вид антропогенного изменения ландшафтов является здесь древнейшим в истории. Необходимо учитывать и тот факт, что вырубленные территории по ряду существенных для птиц параметров сходны с естественными элементами лесной мозаики – ветровальными окнами и, в меньшей степени, с естественными пирогенными стациями, не затрагиваемыми в дальнейшем санитарными рубками и посадкой. Отличие современной трансформации лесных территорий от доиндустриальной и тем более от естественных нарушений – в масштабах охватываемых площадей. Сукцессионные изменения лесов после рубок довольно длительны и в большинстве случаев не успевают достигать климаксных стадий, что приводит к все большему распространению молодняков и вторичных субклимаксных лесов. Исходя из естественноисторических условий, коренными типами леса на территории региона следует считать хвойные леса на северо-востоке и хвойно-широколиственные на юге, а коренными видами древесных растений – ель и реже сосну (на зандровых и плакорных пойменных песках и супесях).

Материалы и методика. В период 2006-2012 гг. на территории Восточного Верхневолжья площадочным учетом птиц [4] обследованы сообщества, сформированные рубками различных технологий и целевого назначения на ключевых стадиях сукцессии, охватывающие все типы эксплуатируемых лесов. Работа велась на 4 стационарах, леса которых наиболее типичны для Восточного Верхневолжья, а лесоэксплуатация на протяжении нескольких десятилетий постоянно поддерживается на среднем уровне интенсивности. Ельники и вторичные смешанные еловомелколиственные леса обследовались на территории Приволжского и Вичугского административных районов Ивановской области, а также Красносельского района Костромской области. Сосняки изучали на примере Заволжского и Кинешемского районов Ивановской области, Кадыйского района Костромской области, на примере Южского района Ивановской области и Ковровского района Владимирской области.

Учеты на пробных площадках проведены в полевые сезоны 2006 – 2012 гг. Всего обследовано 40 площадок площадью от 1.75 га до 30 га. Общая площадь всех обследованных биотопов составила 361.8 га, с учетом многолетних и многократных посещений около 1600 га. В ходе площадочных учетов выявлено 483 гнездовых участка 46 видов птиц.

Результаты. Повсеместно распространенные в эксплуатируемых лесах региона сплошные рубки в ельниках и сосняках (они наиболее экономически привлекательны, т.к. дают макси-

мальный выход деловой древесины хвойных пород) со временем трансформировали лесные массивы с легкой транспортной доступностью в своеобразную мозаику разновозрастных местообитаний, отличающихся временем предшествующей антропогенной трансформации. Это выделы одновозрастных насаждений или древесного подроста с невыраженной ярусностью (такая структура формируется в случае применения поэтапных рубок ухода), перемежающиеся недавно пройденными сплошной рубкой пространствами – вырубками. Вырубки характеризуются большой вариативностью направления хода сукцессии, влияющей на мозаичность территории и скорость перехода в лесопокрытую площадь (смыкания древостоя кронами и образования лесного полога). В результате наших исследований было выявлено, что динамика характеристик населения птиц в ходе сукцессионных изменений эксплуатируемых лесов Восточного Верхневолжья с учетом лесохозяйственных мероприятий сводится к 2 основным типам – это динамика, приводящая к сообществам птиц смешанных, хвойно-мелколиственных лесов и динамика по типу пирогенных зандровых сосняков [11].

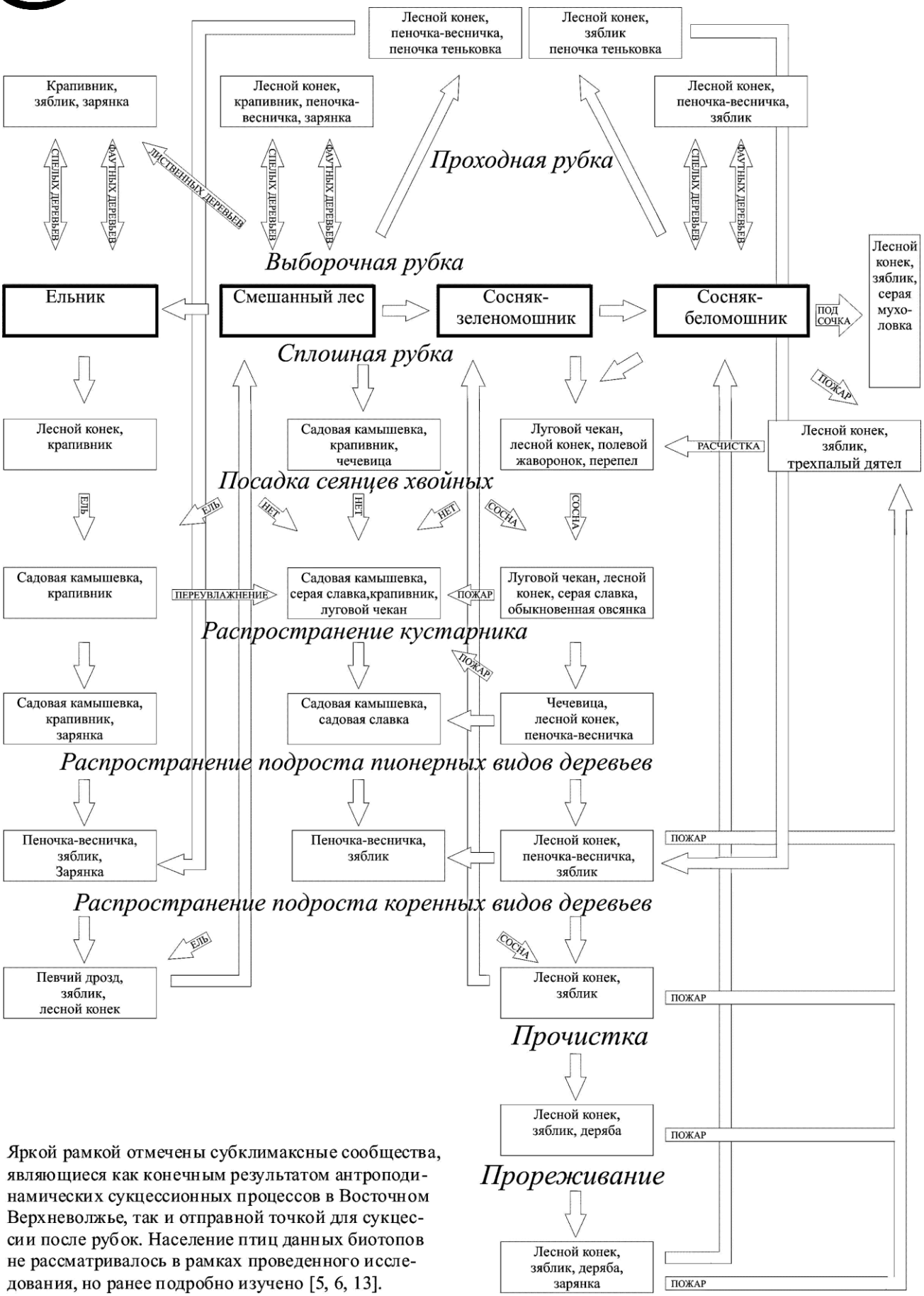
Начальные этапы сукцессии до смыкания кронами древесного яруса наиболее динамичны. За небольшой промежуток времени на одной территории несколько раз полностью сменяются все экологические условия, что влечет за собой заметные перестройки в авифауне. Нами была подробно изучена динамика гнездовой фауны и населения птиц при сукцессии от вырубок до смыкания кронами посадки (если таковая проводилась) или подроста, проходившая чаще всего через 3 основных этапа с различными экологическими условиями обитания птиц: открытые вырубки (1 этап), закустаренные вырубки (2 этап), жердняки (3 этап) [3, 9]. В анализ динамики авифауны включены также расчищенные гари [12, 14, 15]. В результате анализа данных, представленных в вышеуказанных работах, была разработана схема антроподинамической сукцессии авифауны Восточного Верхневолжья (рис. 1)

Значительное распространение молодых посадок и вторичных смешанных хвойно-мелколиственных лесов ведет к повышению в населении птиц доли лесоопушечных видов птиц при сокращении численности или исчезновении видов, требовательных к возрасту и видовому составу древостоев. Так, в доминантном ядре выделов березовых молодняков на месте вырубок и гарей ключевую роль играет такой лесоопушечный вид, как пеночка – весничка, при полном исчезновении крапивника, предпочитающего завалы веток и коряжника, а также наличие выворотней в старовозрастных ельниках. Распространение хвойного подроста или посадок приводит к доминированию в населении птиц дроздов – певчего в ельниках и дерябы в сосняках.

Мозаика микроместообитаний зарастающих вырубок привлекает еще больший спектр опушечных видов, а начальные этапы сукцессии – даже виды, характерные для открытых пространств. Так, закустаренные вырубки, в зависимости от мозаичности и степени увлажнения заселяются преимущественно опушечными видами с доминированием садовой камышовки или чечевицы, а недавно пройденные рубками территории с большим количеством открытых участков в ельниках занимаются лесным коньком и серой славкой, а в сосняках – луговым чеканом и обыкновенной овсянкой.

В ход дальнейших сукцессионных изменений фауны и населения птиц лесных территорий после смыкания на вырубках и гарях посадок или подроста кронами, которые на территории региона прослежены неоднократно [5, 6, 13], привносятся изменения, связанные с уходом за лесными культурами, а также с эксплуатацией лесов выборочными рубками (рис. 1). При этом сохраняется деление сукцессионных изменений населения птиц 2 типа – тип смешанных лесов и тип пирогенных сосняков, с малой вероятностью перехода из одного в другой и почти полной невозможностью достижения климаксовых стадий (сообщества птиц разновозрастного ельника или хвойно-широколиственого леса). Отличия этих типов динамики обусловлены во-первых, заметно большими показателями плотности населения и видового богатства начальных этапов сукцессии смешанных лесов, характеризующихся быстрой сменой растительных формаций и большой мозаичностью.

Во-вторых – отсутствием после них поэтапных рубок ухода, которые в пирогенных сосняках способствуют созданию одновозрастных древостоев, характеризующихся бедным видами малочисленным сообществом птиц [12, 15].



Яркой рамкой отмечены субклимаксные сообщества, являющиеся как конечным результатом антроподинамических сукцессионных процессов в Восточном Верхневолжье, так и отправной точкой для сукцессии после рубок. Население птиц данных биотопов не рассматривалось в рамках проведенного исследования, но ранее подробно изучено [5, 6, 13].

Рисунок 1 – Схема антроподинамической сукцессии авифауны (по ключевым видам) в эксплуатируемых лесах Восточного Верхневолжья

При сравнении видового состава гнездящихся птиц сплошные рубки противопоставляются рубкам ухода из-за распространения в результате последних не пионерных (характерных для начальных этапов сукцессии растительности), а толерантных к антропогенным нарушениям лесных видов, таких как зарянка, зеленая пересмешка (эти виды не входят в спектр доминантов – типичных массовых лесных видов, отраженный в представленной схеме, но со стабильно невысокой численностью заселяют пройденные выборочными рубками лесные территории, являясь характерными). Рубки в смешанных лесах с изъятием определенной части древостоев (спелых, фаутных или лиственных деревьев) близки по характеристикам населения сообщества птиц к закустаренным вырубкам. Проходные рубки в сосняках и смешанных лесах также можно соотнести с начальными этапами восстановления сплошных, при более заметной скорости хода сукцессионного процесса за счет линейности сформированного рубкой биотопа, и преимущественным заселением видами внутренних лесных опушек – пеночкой теньковкой и лесным коньком.

Из применяемых в изученном регионе типов рубок к наименее выраженным изменениям населения птиц разновозрастных лесов приводят рубки прореживания – состав доминирующих гнездящихся видов не меняется, однако структура населения птиц претерпевает некоторые изменения, выражающиеся в изменении соотношения видов (за счет избирательно заселяющих леса с недавно нарушенной лесной подстилкой и кучами порубочных остатков зарянки и крапивника). Но стоит отметить еще раз, что поэтапное применение рубок прореживания приводит к распространению моновидовых одновозрастных хвойных насаждений с отсутствием подлеска, которые характеризуются более бедным видами сообществом птиц, с меньшей плотностью населения, чем в естественно развивающихся лесах или посадках.

Биотопы, сформированные сукцессионными изменениями после рубок ухода и сплошных рубок, при искусственном возобновлении и в его отсутствии, имеют значительные отличия в видовом составе гнездящихся птиц и их численности. Искусственное лесовозобновление вырубок и особенно расчищенных гарей связано с полным нарушением оставшегося дерново-мохового покрова в ходе распашки, что приводит к распространению полевых видов птиц – перепела, полевого жаворонка [15]. Посадки сеянцев хвойных начинают использоваться как гнездовые стации только по достижении высоты более метра, в частности низкие посадки сосны часто служат укрытием для гнезд обыкновенной овсянки, а молодые еловые посадки на открытых вырубках привлекают на гнездование певчего дрозда и обыкновенного жулана.

Заметно отличаются от всех остальных биотопы, сформированные сплошными санитарными рубками на гарях и в поврежденных стволовыми насекомыми лесах. Для таких типов рубки характерно почти полное уничтожение предыдущего сообщества, часто полный вывоз и сжигание порубочных остатков, вследствие чего ход сукцессионных изменений сильно замедлен. Такие территории занимают значительные площади, в результате чего на удаленных от опушки участках в отсутствии или при усыхании посадки формируются вейниковые пустоши. Сообщества птиц таких территорий бедны - насчитывают от одного до нескольких видов, характеризуются присутствием луговых (луговой чекан) и пустынных (обыкновенная каменка) видов.

Отличием обширных гарей в зандровых сосняках является большое количество переувлажнённых микроместообитаний, являющихся специфичными рефугиумами, поддерживающими видовое разнообразие птиц. За счет специфичных, сформированных пирогенным воздействием и дальнейшей рекультивацией крупных экосистем восстанавливающихся гарей в обширных лесных массивах создаются условия для гнездования целого ряда специфичных и редких видов птиц.

Большинство гнездящихся на вырубленных участках редких видов (в частности виды, занесенные Красную Книгу Ивановской области [7]), требуют наличия специфических

условий – большой улит, трехпалый дятел, серый сорокопут занимают пройденные пожарами территории; серый журавль и обыкновенный сверчок используют переувлажненные местообитания; удод – специфические микроместообитания – завалы порубочных остатков. Деряба на гнездовании связан с борами-беломошниками, занимая при этом и молодые посадки. Редкими видами птиц, способными заселять типичные зарастающие вырубки, являются лесной жаворонок и ястребиная славка.

Большинство хищных птиц и сов имеют только трофические связи с трансформированными рубкой биотопами – при отсутствии земель сельскохозяйственного назначения вырубки и гари используют для охоты змееяд, большой подорлик, беркут, филин, сплюшка, воробьиный сыч, бородатая неясыть.

Однако полевой лунь в расположении гнезд демонстрирует предпочтение вырубленных лесных территорий, в последнее время перейдя на гнездовании с внешних опушек леса на внутренние. Смену стереотипа гнездования в измененных рубками биотопах демонстрируют и некоторые другие виды птиц (обыкновенный жулан, крапивник, обыкновенная каменка).

Из побочных методов лесоэксплуатации значительное распространение в регионе характерно только для подсочки сосняков с целью сбора живицы. Благодаря ведению подсочного сбора живицы в регионе сохранялись старовозрастные сосновые боры, не сдающиеся в рубку. Характерным доминантным видом сосновых боров с подсочкой является серая мухоловка, часто располагающая гнезда прямо в конусах для сбора смолы, законопачивая ближайшие отверстия в коре мхом для отведения от гнезда смолы. Большой возраст древостоя, используемого для подсочки, и отсутствие деревьев второго яруса привлекает для гнездования в подобные леса требовательные к этим условиям виды: ястреба-тетеревятника, серую неясыть, бородатую неясыть.

Заключение. Схема, иллюстрирующая систему взаимосвязей в сообществах лесных птиц, сформированных различными видами прямого антропогенного воздействия (различными рубками, посадкой, подсочкой и пожарами), и сопровождающее её текстовое описание являются попыткой обобщить накопленные в ходе многолетних исследований данные об антроподинамических сукцессиях авифауны лесов Восточного Верхневолжья. Она отражает возможные варианты сукцессионного изменения доминантного ядра орнитонаселения в ходе всех характерных для региона вариантов антропогенной трансформации сообществ лесоэксплуатацией. Выделенные в данной схеме этапы соответствуют этапам сукцессии сообществ птиц, сукцессионные процессы сообществ других групп животных, фитоценоза, экосистемы в целом и его частей могут иметь другие ключевые этапы.

Список используемой литературы:

1. Галушин В. М., Белик В. П., Зубакин В. А. Реакции птиц на современные социально-экономические преобразования в Северной Евразии // Достижения и проблемы орнитологии Северной Евразии на рубеже веков. Казань: Матбугат йорты, 2001. С. 438-439.

2. Бутьев В. Т. Некоторые перспективы динамики населения птиц Европейского центра СССР в условиях постоянного лесопользования // Фауна и экология наземных позвоночных животных: сборник научных трудов. М.: МГПИ им. Ленина, 1981. С. 3-9.

3. Гриднева В.В., Мельников В.Н. Динамика населения птиц в ходе сукцессионных изменений после рубок различного типа в Восточном Верхневолжье // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и Технические науки. Тамбов. 2013. Т. 18. № 6-2. С. 3227-3230.

4. Гудина А. Н. Методы учета гнездящихся птиц. Картирование территорий. Запорожье: Дикое поле, 1999.

5. Зиновьев В. И. Население птиц еловых лесов // Птицы Волжско-Окского междуречья: межвуз. сборник науч. трудов. Владимир: ВГПИ, 1986. С. 19-26.

6. Измайлов И. В., Сальников Г. М. Население птиц сосновых лесов // Птицы Волжско-Окского междуречья: межвуз. сборник научных трудов. Владимир: ВГПИ, 1986. С. 26-37.

7. Красная книга Ивановской области (животные). Иваново: Пресс-сто, 2007.

8. Мельников В. Н. Динамика орнитокомплексов в ходе зарастания территорий, выведенных из хозяйственного использования в условиях Восточного Верхневолжья // Орнитология в Северной Евразии: материалы XIII Международной орнитологической конференции Северной Евразии. Оренбург: ОГПУ, 2010. С. 217.

9. Мельников В. Н., Гриднева В. В. Посттехногенные сукцессии орнитокомплексов Восточного Верхневолжья. Ч. I. Динамика орнитофауны на начальных этапах сукцессии лесной растительности после сплошнолесосечных рубок // Поволжский экологический журнал. 2011. № 3. С. 361-369.

10. Мельников В.Н., Гриднева В.В., Чудненко Д.Е., Пашкова М.А. Динамика фауны и населения птиц в ходе сукцессионных процессов на выведенных из хозяйственного использования территориях // Проблемы эволюции птиц: систематика, морфология, экология и поведение: материалы Международная конференции памяти Е.Н. Курочкина. М., 2013. С. 137-141.

11. Мельников В. Н., Гриднева В. В., Чудненко Д. Е., Тихомирова М. А. Динамика орнитокомплексов в ходе сукцессионных процессов на выведенных из хозяйственного использования территориях // Зоологический журнал. 2015. Т. 94. № 2. С. 213–220.

12. Мельников В.Н., Шмелёва Г.П., Гриднева В.В. Фауна и население птиц Балахнинской низины (юго-восток Ивановской области) в условиях пирогенного воздействия // Учен. записки Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2013. Т. 155. Кн. 3. С. 162-173.

13. Шептуховский М. В. О структуре населения птиц на участках смешанного леса различного возраста // География и экология наземных позвоночных Нечерноземья (птицы). Владимир: ВГПИ, 1981. С. 93-101.

14. Шмелёва Г.П. Влияние пирогенного фактора на фауну и население птиц Балахнинской низины // Охрана птиц в России: проблемы и перспективы: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 20-летию Союза охраны птиц России. М., 2013. С. 253-259.

15. Шмелёва Г.П. Пирогенное воздействие на орнитокомплексы зандровой долины (Балахнинская низина) // V Международные Бутурлинские чтения. Ульяновск, Ульяновский областной краеведческий музей имени И.А. Гончарова, 2015.

References:

1. Galushin V. M., Belik V. P., Zubakin V. A. Reaktsii ptits na sovremennye sotsialno-ekonomicheskie preobrazovaniya v Severnoy Yevrazii // Dostizheniya i problemy ornitologii Severnoy Yevrazii na rubezhe vekov. Kazan: Matbugat yorty, 2001. S. 438-439.

2. Butev V. T. Nekotorye perspektivy dinamiki naseleniya ptits Yevropeyskogo tsentra SSSR v usloviyakh postoyannogo lesopolzovaniya // Fauna i ekologiya nazemnykh pozvonochnykh zhivotnykh: sbornik nauchnykh trudov. – M.: MGPI im. Lenina, 1981. S. 3-9.

3. Gridneva V.V., Melnikov V.N. Dinamika naseleniya ptits v khode suktsessionnykh izmeneniy posle rubok razlichnogo tipa v Vostochnom Verkhnevolzhe // Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya Yestestvennye i Tekhnicheskie nauki. T. 18. № 6-2. Tambov, 2013. S. 3227-3230.

4. Gudina A. N. Metody ucheta gnezdyashchikhsya ptits. Kartirovanie territoriy – Zaporozhe: Dikoe pole, 1999.

5. Zinovev V. I. Naselenie ptits elovykh lesov // Ptitsy volzhsko-okskogo mezhdurechya: Mezhvuz. sbornik nauch. trudov. Vladimir: VGPI, 1986. S. 19-26.

6. Izmaylov I. V., Salnikov G. M. Naselenie ptits sosnovykh lesov // Ptitsy Volzhsko-Okskogo mezhdurechya: mezhvuz. sbornik nauchnykh trudov. Vladimir: VGPI, 1986. S. 26-37.

7. Krasnaya kniga Ivanovskoy oblasti (zhivotnye). Ivanovo: Press-sto, 2007.

8. Melnikov V. N. Dinamika ornitokompleksov v khode zarastaniya territoriy, vyvedennykh iz khozyaystvennogo ispolzovaniya v usloviyakh Vostochnogo Verkhnevolzhya // Ornitologiya v Severnoy Yevrazii: materialy KhIII Mezhdunarodnoy ornitologicheskoy konferentsii Severnoy Yevrazii. Orenburg: OGPU, 2010. S. 217.

9. Melnikov V.N., Gridneva V.V. Posttekhnogennye suktsessii ornitokompleksov Vostochnogo Verkhnevolzhya. Ch. I. Dinamika ornitofauny na

nachalnykh etapakh suktsessii lesnoy rastitelnosti posle sploshnolesosechnykh rubok // Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal. № 3. 2011. S. 361-369.

10. Melnikov V.N., Gridneva V.V., Chudnenko D.Ye., Pashkova M.A. Dinamika fauny i naseleniya ptits v khode suktsessionnykh protsessov na vyvedennykh iz khozyaystvennogo ispolzovaniya territoriyakh // Problemy evolyutsii ptits: sistematika, morfologiya, ekologiya i povedenie: materialy Mezhdunarodnaya konferentsii pamyati Ye.N. Kurochkina. M., 2013. S. 137-141.

11. Melnikov V. N., Gridneva V. V., Chudnenko D. Ye., Tikhomirova M. A. Dinamika ornitokompleksov v khode suktsessionnykh protsessov na vyvedennykh iz khozyaystvennogo ispolzovaniya territoriyakh // Zoologicheskiy zhurnal. 2015. T. 94, № 2. S. 213-220.

12. Melnikov V.N., Shmeleva G.P., Gridneva V.V. Fauna i naselenie ptits Balakhninskoy niziny (yugo-vostok Ivanovskoy oblasti) v usloviyakh pirogennogo vozdeystviya / Uchen. zapiski Kazan. un-ta. Ser. Yestestv. nauki. 2013. T. 155, Kn. 3. S. 162-173.

13. Sheptukhovskiy M. V. O strukture naseleniya ptits na uchastkakh smeshannogo lesa razlichnogo vozrasta // Geografiya i ekologiya nazemnykh pozvonochnykh Nechernozemya (ptitsy). Vladimir: VGPI, 1981. S. 93-101.

14. Shmeleva G.P. – Vliyanie pirogennogo faktora na faunu i naselenie ptits Balakhninskoy niziny // Okhrana ptits v Rossii: problemy i perspektivy: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoy 20-letiyu Soyuza okhrany ptits Rossii. M., 2013. S. 253-259.

15. Shmeleva G.P. Pirogennoe vozdeystvie na ornitokompleksy zandrovoy doliny (Balakh-ninskaya nizina) // V Mezhdunarodnye Buturlin-skie chteniya. Ulyanovsk, Ulyanovskiy oblastnoy kraevedcheskiy muzey imeni I.A. Goncharova, 2015.

УДК 663.481 : 636.085.62

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕССОВАННЫХ КОРМОВ ИЗ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПИВОВАРЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Балашов О.Ю., ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА;
Утолин В.В., ФГБОУ ВО Рязанский ГАТУ;
Лузгин Н.Е., ФГБОУ ВО Рязанский ГАТУ

Увеличение производства мяса, молока, яиц и других видов животноводческой продукции возможно только на основе прочной кормовой базы. Наряду с кормовыми культурами, специально возделываемыми для этой же цели, можно использовать побочные продукты перерабатывающих производств. Сравнительно недавно к побочным продуктам и их рациональному использованию относились довольно пренебрежительно. Предприятия пивоваренной промышленности являются источником значительного количества отходов органического происхождения. В пивоваренной промышленности к ним относятся зерновые остатки, солодовые ростки, аспирационные отходы (дробленый солод, шелуха, пыль), промывные воды, белковый отстой, остаточные пивные дрожжи, углекислый газ, хмелевая дробина, пивная (солодовая) дробина. Использование отходов пивоваренного и солодовенного производства дает возможность в определенной степени восполнить дефицит кормового протеина в рационах откармливаемого скота. При хранении пивная дробина быстро закисает, плесневеет и портится. С целью сохранения отходы пивоваренного производства силосуют, консервируют, заквашивают с добавлением как легко заквашивающихся растений, так и с помощью химических препаратов, стабилизируют с помощью препаратов заквашенной и сгущенной сыворотки, аскорбиновой кислоты, аммиака или обезвоживают на деконтирующих центрифугах, прессуют, сушат, а далее гранулируют и герметично упаковывают. Пивные дрожжи являются одним из лучших естественных источников получения витамина В1. Антиневритного витамина В1 в дрожжах содержится в 60 раз больше, чем в шпинате и салате, а витамина В2 в 2 раза больше, чем в молоке, и в 50 раз больше, чем в салате и шпинате. Солодовые ростки отделяют от солода во время сушки и при обработке его на росткоотбойных машинах. Благодаря высокому содержанию питательных веществ, солодовые ростки могут являться высокопродуктивным кормом для сельскохозяйственных животных. В пивоваренной промышленности выход сухих ростков составляет 3-5 % к весу получаемого солода или около 90 кг на 1 тыс. дал вырабатываемого пива. Среди перечисленных отходов предприятий по производству пива самое большое количество приходится на долю пивной дробины – до 1 млн. т в год. Обычно из 100 кг стандартного солода влажностью 4-5 % и экстрактивностью 74-75 % в с. в. образуется 110-120 кг дробины или 2,3 т на 1000 дал готового пива. Поэтому вопросы полной переработки и рационального использования побочных продуктов перерабатывающих производств являются актуальной задачей. Технология подготовки отходов пивоваренного производства включает в себя: отжим (сепарирование), сушку и кондиционирование исходного продукта, прессование с получением гранул в соответствии с требованиями ГОСТ.

Ключевые слова: *механизация приготовления кормов сельскохозяйственным животным, побочные продукты перерабатывающих производств, пивная дробина, пресс, гранулы*

Для цитирования: *Балашов О.Ю., Утолин В.В., Лузгин Н.Е. Особенности получения прессованных кормов из побочных продуктов пивоваренного производства // Аграрный вестник Верхневолжья. 2018. № 1 (22). С. 50-54.*

Введение. Пополнение кормовой базы для животных за счет применения побочных продуктов перерабатывающих производств с экономической и экологической точек зрения является весьма актуальной задачей. Наиболее часто используемым компонентом в рационе кормления крупного рогатого скота мясного и молочного направления являются побочные продукты пивоваренного производства. Побочным продуктам пивоваренного производства являются: пивная дробина, солодовые ростки, белковый отстой и остаточные пивные дрожжи [1, 2 , стр52..54].

Постановка проблемы исследования. С точки зрения зоотехнических требований к качеству и питательности кормов очень важно знать, в какой мере интенсивные агротехнические и технологические приемы оказывают влияние на поедаемость корма, переваримость, сохранность питательных веществ, физиологическое состояние животных, себестоимость и качество производимой продукции.

Наибольшее количество обменного протеина обнаружено в кормах искусственной сушки (221,6…250,7 г в 1 кг сухого вещества). Корма традиционной заготовки (сено, силос) содержат значительно меньше обменного протеина (133,4…179,5 г в 1 кг). Особенно низкое его содержание в силосе, характеризующемся наиболее высокой растворимостью и распадом протеина в организме животного [2, с. 12..14]. Это необходимо учитывать при разработке оптимальных технологий приготовления кормов, направленных на повышение эффективности использования протеина жвачными животными.

При сравнительной оценке современных технологий приготовления кормов (прессование, сенажирование, силосование) отмечено, что сохранность питательных веществ в подавляющем большинстве выше при прессовании. Это объясняется, с одной стороны, более высокими потерями питательных веществ при заготовке сенажа, а с другой − более низкой их переваримостью. Так, при изучении эффективности приготовления брикетов и сенажа из ячменя установлено, что в среднем сохранность питательных веществ у прессованных кормов был выше на 17…18 % по сравнению с сенажом [2, с 11].

Основным побочным продуктом пивоваренного производства является пивная дробина. Доля образования пивной дробины составляет 32 % от массы производимого пива. Состав пивной дробины представлен в таблице 1.

Таблица 1 − Состав пивной дробины

Наименование	Влажность,%	Белок, %	Жир, %	Клетчатка, %	БЭВ, %	Зола,%
Пивная дробина	82,9	3,9	1,3	3,5	8,0	2,1

Питательная ценность одного килограмма пивной дробины влажностью 82,9 % составляет 0,17 к.е., при этом содержание перевираемого протеина − 28,7 г. Усвояемость пивной дробины при использовании ее в качестве корма составляет 82,1 %.

В настоящее время пивная дробина практически в полном объёме реализуется близлежащим производителям животноводческой продукции и используется в рационах кормления сельскохозяйственных животных. Основным недостатком пивной дробины является относительно небольшой срок ее сохранности из-за высокой влажности. Это создаёт ряд проблем при её использовании. Поэтому для повышения эффективности хранения, транспортировки и использования в рационах кормления сельскохозяйственных животных пивной дробины необходимо проводить ее обезвоживание с дальнейшим прессованием.

С целью максимального использования питательных веществ и увеличения срока хранения пивной дробины на кафедре «Технические системы в агробизнесе» Ивановской ГСХА совместно с Ивановской пивоваренной компанией были проведены исследования переработки пивной дробины с получением прессованных кормов и обоснование технологических режимов прессования.

Методы исследования. Для проведения испытаний в качестве исходного сырья была взята пивная дробина, предварительно обезвоженная до влажности 14…16 %.

Для получения гранул и определения давления прессования в зависимости от технологических факторов влажности и температуры

корма использовали опытную установку с гидропрессом (рис. 2) и тензометрическую аппаратуру. Установка представляет собой гидравлический пресс, включающий в себя раму 5 с закрепленным на ней гидроцилиндром 6, к штоку которого прикреплен пуансон 7 с тензодатчиком. Матрица 10 выполнена из стали с длиной и диаметром каналов 60 и 10 мм, устанавливалась в металлический стакан 9, оснащенный электроспиралью, напряжение которой регулировалось с помощью автотрансформатора типа ЛАТР, температура контролировалась термопарой хромель-копель (ХК) и регистрировалась потенциометром типа КСП. Пределы изменения температуры матрицы и влажности корма выбирали в соответствии с условиями прессования материала на современных пресс-грануляторах. Диапазон температуры матрицы при проведении испытаний составлял 343…363º К. Относительная влажность материала устанавливалась по ГОСТ 13496-80. Расчет производился по формуле

$$W = m_1 - m_2/m_1 - m \cdot 100\%, \quad (1)$$

где: m_1 – масса бюксы с навеской до высушивания, г;

m_2 – масса бюксы с навеской после высушивания, г;

m – масса пустой бюксы, г.

Опыты проводились на трех заданных уровнях влажности:12 %, 15 %, 18 %. Результаты исследования контролировались персональным компьютером.

Полученные при прессовании гранулы исследовали на крошимость на специальной установке У17-ЕКГ (рис. 1). Сущность метода заключается в разрушении гранул анализируемого продукта, отделении неразрушенных гранул от мелочи и крошки путем просеивания, их взвешивания с последующим вычислением крошимости.

Использовались весы неавтоматического действия по ГОСТ OIML R76-2011, с допускаемой абсолютной погрешностью ± 0,1 г. На весах взвешивалось около 1 кг гранулированной пробы. Освобожденным от крошки и мелочи на лабораторном рассеве на сите размером ячейки 0,75 диаметра анализируемых гранул (d = 10 мм). Из подготовленного материала была выделена проба для испытаний массой по (250,±0,1) г и помещена в камеру истирния в течение 5 минут. По истечении 5 минут открывали камеру истирателя и высыпали содержимое на поддон установки, а затем отделяли неразрушенные гранулы от мелочи и крошки.

После просеивания продукта неразрушенные гранулы взвешивались с погрешностью ±0,1 г.

Крошимость гранул в % определялась по формуле

$$К = mг_1 - mг_2/ mг_1 \cdot 100, \quad (2)$$

где: $mг_1$ – масса гранул до испытания, г;

$mг_2$ – масса неразрушенных гранул после проведения испытаний,г.

Абсолютное расхождение между двух определений на одной и той же лабораторной пробе на одном и том же лабораторном оборудовании при доверительной вероятности 0.95 не превышает предела повторяемости (сходимости), представлено в таблице 2, и соответствует требованиям ГОСТ 28497-2014.

Таблица 2 – Методические характеристики крошимости гранул пивной дробины

Наименование определяемого показателя	Допускаемое расхождение между двух определений (предел повторяемости)	Допускаемое расхождение между результатами испытаний (предел воспроизводимости)
Крошимость гранул	0,015 *	0,03 *
Примечание - * - среднеарифметическИе значения, полученные соответственно в условиях повторяемости и воспроизводительности, %.		

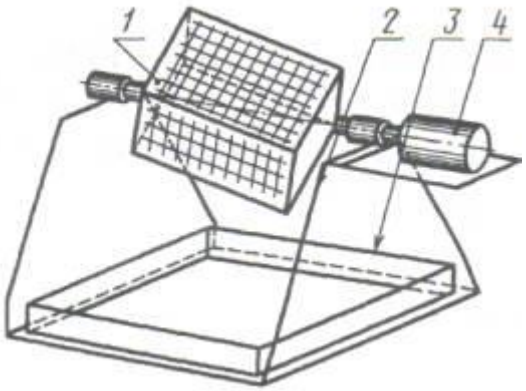


Рисунок 1 – Установка для определения крошимости гранул
1 – ящик; 2 – рама; 3 – ванна; 4 – привод

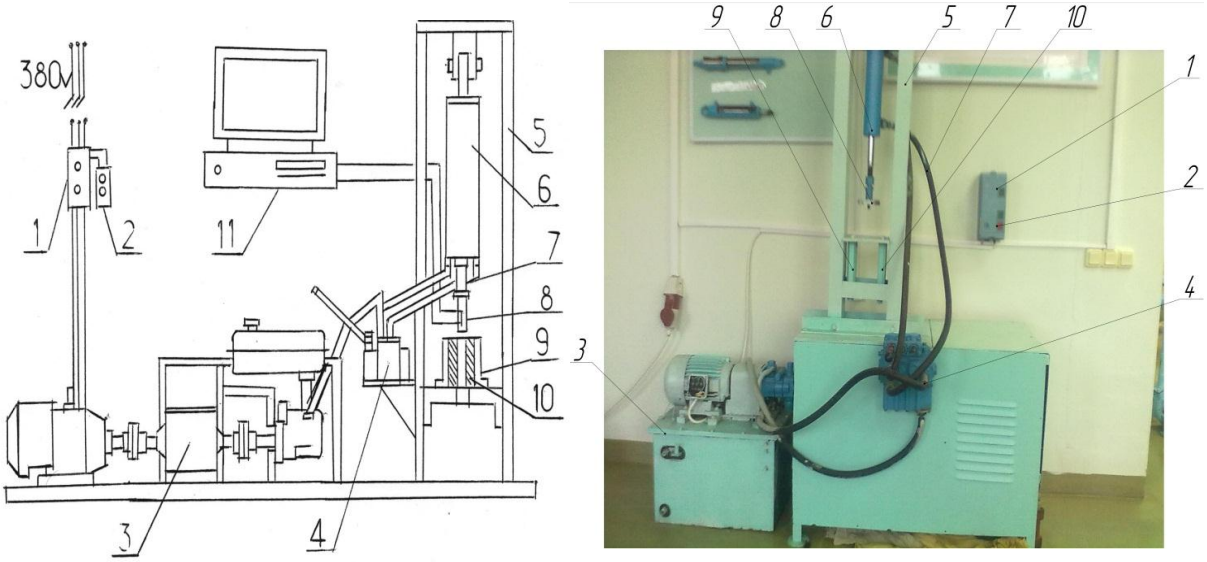


Рисунок 2 – Установка для производства гранул из пивной дробины
1-пускатель; 2-кнопочный пульт; 3-гидростанция; 4-гидрораспределитель; 5-рама; 6-гидроцилиндр; 7- гидролинии; 8- пуансон с тензодатчиком; 9-стакан с электроспиралью; 10-матрица; 11-компьютер

Результаты исследования. В результате лабораторных испытаний была получена графическая зависимость давления прессования от температуры матрицы

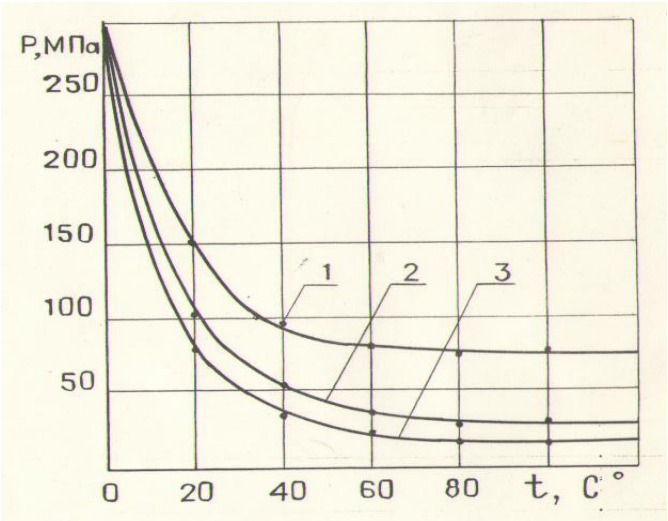


Рисунок 3 – Зависимость давления прессования от температуры матрицы
1-влажность дробины 12 %; 2- влажность дробины 15 %; влажность дробины 18 %.

Выводы:

- давление прессования при различных сочетаниях технологических факторов колеблется в широких пределах и достигает максимального значения 70 МПа. При этом значительное влияние на его снижение оказывает увеличение влажности гранулируемого материала, выступающей в роли смазки;

- установлено, что при исходной влажности гранулируемого материала 16…18 %, оптимальная температура матрицы гранулятора находится в диапазоне 353…360º К.

- при прессовании пивной дробины с соблюдением установленных режимов крошимость и плотность полученных гранул соответствует требованиям 14 %, предъявляемым ГОСТ 28497-2014 [4, с.1…14].

Список используемой литературы:

1. Балашов О.Ю. Перспективы использования отходов промышленных производств при кормлении с/х животных // Актуальные проблемы и перспективы развития АПК: материалы международной научно-методической конференции. Том II. Иваново: Издательство ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2009.

2. Виды кормов для скота. Гранулирование и брикетирование. hhtps//big-fermer.ru.

3. Балашов О. Ю. Способы подготовки отходов пивоваренной промышленности к скармливанию с/х животным // Актуальные проблемы и перспективы развития АПК: материалы международной научно-методической конференции. Том II. Иваново: Издательство ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2010.

4. ГОСТ 28497-2014. Комбикорма, сырье гранулированное. Методы определения крошимости.

References:

1. Balashov O.Yu. Perspektivy ispolzovaniya otkhodov promyshlennykh proizvodstv pri kormlenii s/kh zhivotnykh // Aktualnye problemy i perspektivy razvitiya APK»: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii. Tom II. Ivanovo: Izdatelstvo FGBOU VO Ivanovskaya GSKhA, 2009.

2. Vidy kormov dlya skota. Granulirovanie i briketirovanie. hhtps//big-fermer.ru.

3. Balashov O.Yu. Sposoby podgotovki otkhodov pivovarennoy promyshlennosti k skarmlivaniyu s/kh zhivotnym // «Aktualnye problemy i perspektivy razvitiya APK»: materialy mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii. Tom II. Ivanovo: Izdatelstvo FGBOU VO Ivanovskaya GSKhA, 2010.

4. GOST 28497-90. Kombikorma, syre granulirovannye. Metody opredeleniya kroshimosti.

УДК 631.3.072.16

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОПОРНЫХ КОЛЕС НА ВЕЛИЧИНУ ОТКЛОНЕНИЯ ПРИЦЕПНОЙ МАШИНЫ ОТ КУРСА СЛЕДОВАНИЯ

Васильев А.О., ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия»;
Андреев Р.В., ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия»;
Григорьев А.О., ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия»;

Экспериментально исследовано влияние параметров левого опорного колеса прицепной капустоуборочной машины, твердости почвы и ее различия под опорными колесами на величину отклонения агрегата от направления движения. Установлено, что рациональные значения конструктивных параметров опорно-ходовой системы прицепной сельскохозяйственной машины позволяют свести к минимуму значения продольных колебаний рабочих органов во время выполнения технологического процесса. Вращающиеся части прицепной машины получали движение от вала отбора мощности через специально разработанный приводной вал. Система измерения, а также регистрации отклонений машины от заданного курса представлена мостовой электросистемой на базе реостата со скользящей щеткой, подключенного через аналоговый порт к электронной системе обработки данных, а далее к портативному компьютеру. В результате исследований было выявлено, что с уменьшением твердости почвы под правым колесом устойчивость хода резко снижается, при этом увеличивается угол отклонения дышла до недопустимых значений. Это связано с тем, что в данных условиях сопротивление почвы опорным колесам прицепной машины преимущественно приложено с правой стороны, кроме того, с уменьшением твердости почвы увеличивается сопротивление качению колеса. Результаты проведенных исследований подтверждают и дополняют результаты теоретических исследований. Исследуя устойчивость движения прицепной машины с опорными колесами разных размеров с одинаковой твердостью почвы, было выявлено, что величина угла отклонения дышла машины заметно падает по сравнению с результатами предыдущих опытов и не выходит за пределы значений, установленных агротребованиями.

Ключевые слова: *прицепная машина, отклонение, твердость почвы, система измерения.*

Для цитирования: *Васильев А.О., Андреев Р.В., Григорьев А.О. Влияние параметров опорных колес на величину отклонения прицепной машины от курса следования // Аграрный вестник Верхневолжья. 2018. № 1 (22). С. 55-59.*

Введение. Сельское хозяйство во все времена составляет фундамент экономики любой страны, и обеспечение продовольственной безопасности ее населения – важнейшая часть экономической политики их правительств [5, с. 81-97].

Во второй половине прошлого столетия в нашей стране и за рубежом наблюдалась тенденция специализации в овощеводстве, укрупнения площадей под основными овощными культурами. В результате такой концентрации производства в то время ощущалась необходимость создания более производительной сельскохозяйственной техники [3, с. 14-17.]. Качественные показатели работы прицепных сельскохозяйственных машин находятся в непосредственной зависимости от устойчивости их движения в междурядье, наибольшее влияние на которую оказывают природные условия [1, с. 10-11].

Поэтому повышение устойчивости хода сельскохозяйственной машины в междурядье является актуальной задачей при создании

перспективных сельскохозяйственных машин [2, с. 380-383.].

Ранее на примере капустоуборочной машины для определения оптимальных параметров опорно-прицепной части была получена зависимость [4, с. 8-10]:

$$Q = \frac{Pc}{r\sqrt{1-\left(\frac{P}{0,5\pi brV}\right)^2}}, \quad (1)$$

где Q – сила сопротивления перекатыванию опорного колеса, Н;
P – нормальная нагрузка на колесо, Н;
c – коэффициент трения качения опорного колеса;
r – радиус опорного колеса, м;
b – ширина опорного колеса, м;
V – твердость почвы, Н/м^2.

Для имеющегося образца машины согласно выражению (1) было установлено, что следующие размеры опорных колес должны обеспечивать наименьшие отклонения агрегата от направления движения:

– диаметр левого опорного колеса 620 мм;
– ширина левого опорного колеса 145 мм;
– диаметр правого опорного колеса 762 мм;
– ширина правого опорного колеса 235 мм;

Цель исследований. Экспериментально проверить установленные теоретически рациональные значения конструктивных параметров опорно-ходовой системы прицепной сельскохозяйственной машины, позволяющие свести к минимуму значения продольных колебаний рабочих органов во время выполнения технологического процесса.

Методика исследований. С целью проведения экспериментальной проверки выдвинутых теоретических положений была изготовлена лабораторно-полевая установка, которая может агрегатироваться с трактором класса 1,4 (в данном случае – МТЗ-82) посредством прицепного дышла. Вращающиеся части получают движение от вала отбора мощности через специально разработанный приводной вал. Система измерения, а также регистрации отклонений машины от заданного курса представлена мостовой электросистемой на базе реостата со скользящей щеткой, подключенного через аналоговый порт к электронной системе обработки данных (в данном случае - 3B NET log U11300ip), а далее – к портативному компьютеру.

Исследования устойчивости хода прицепной машины проводились на участках делянки с заранее дифференцированной твердостью почвы под опорными колесами. Нумерация участков показана на рисунке 1.

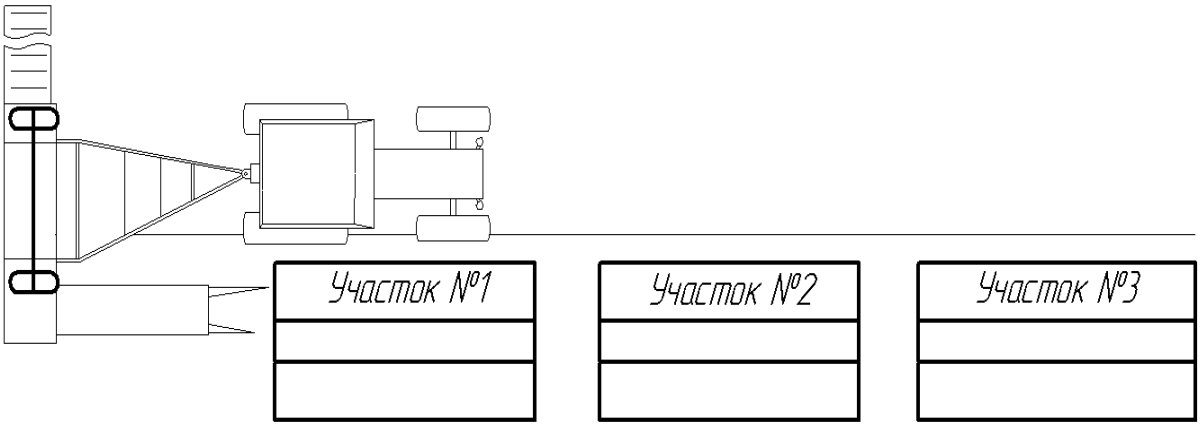


Рисунок 1 – Номера участков в делянке при исследовании влияния твердости почвы на устойчивость хода машины

В данной системе сопротивление реостата плавно изменяется в зависимости от угла поворота дышла прицепной машины относительно серьги трактора с помощью скользящего контакта, кинематически связанного гибкой связью с дугой, закрепленной жестко на дышле машины с центром в точке прицепа. Во время движения установки сопротивление, создаваемое реостатом, изменяет разность потенциалов на выходе мостовой измерительной схемы, то есть значение измеряемого напряжения пропорционально углу поворота дышла относительно точки прицепа [4, с. 8-10].

Результаты и их обсуждение. Как уже было выявлено теоретически, условием наилучшего функционирования прицепной машины является обеспечение следования ее рабочего органа строго по направлению движения агрегата. Соблюдение этого условия при предложенной опорно-прицепной системе проверялось в полевых условиях путем изучения следования машины заданному прямолинейному курсу на заранее подготовленных участках почвенного покрова (рисунок 1).

Исследования проведены при заранее определенных параметрах опорно-прицепной системы, т.е.: длина прицепного дышла - 2,35 м, диаметр правого колеса - 762 мм и ширина правого колеса - 235 мм.

Варьируемыми параметрами были диаметр и ширина левого колеса, а также плотность почвы на участках.

На рисунке 2 изображен фрагмент осциллограммы угла отклонения агрегата от заданного курса, записанный в режиме реального времени. В осциллограмме зафиксированы значения угла отклонения φ от направления движения прицепной машины в горизонтальной плоскости.

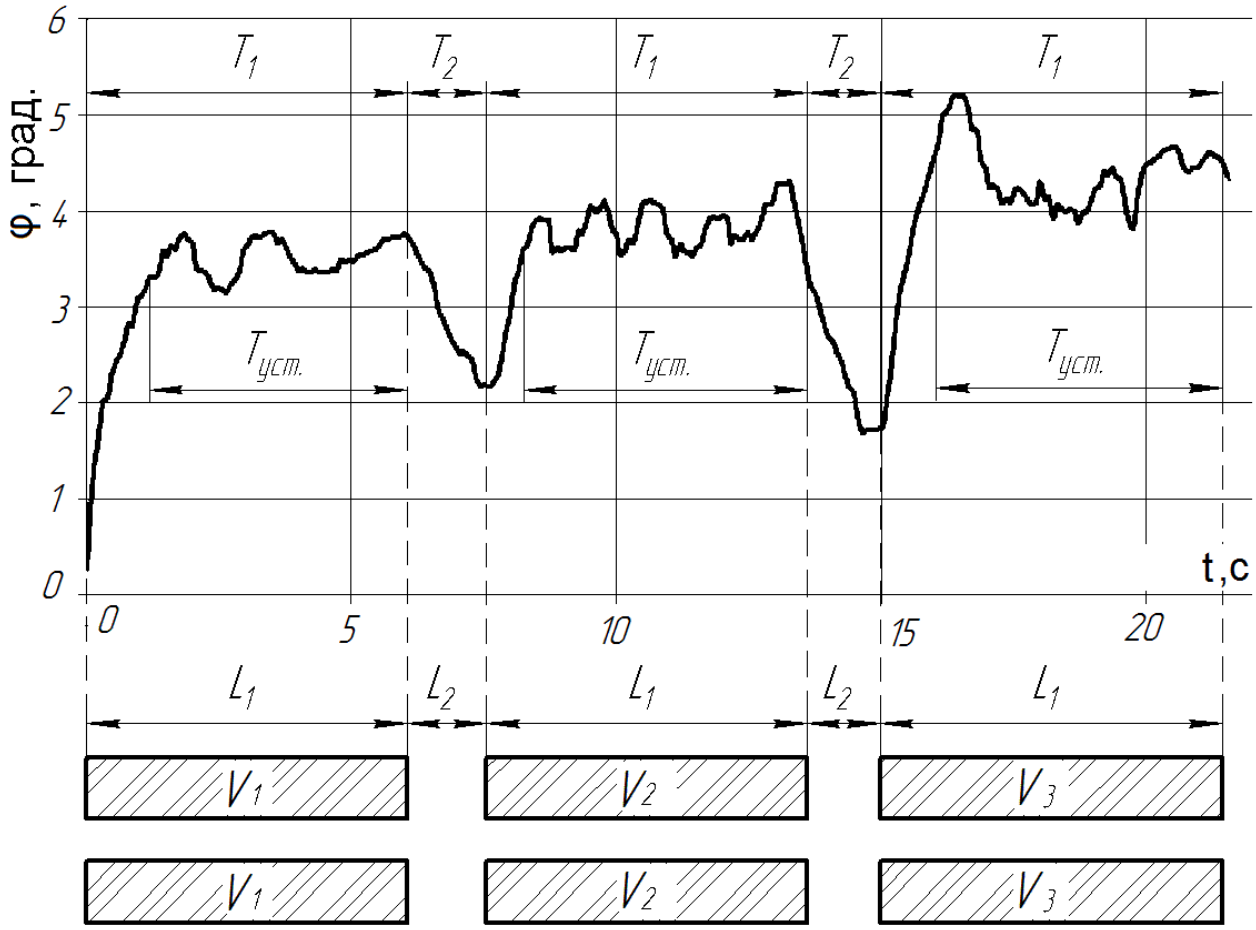


Рисунок 2 – Составляющая фрагмента осциллограммы угла отклонения φ прицепной машины от заданного курса на различных участках почвы в режиме реального времени t: L_1, L_2 – длина вспаханной и невспаханной делянок соответственно; T_1, T_2 – время прохождения вспаханного и невспаханного участков соответственно; $T_{уст}$ – время установившегося движения агрегата по вспаханному участку; V_1, V_2, V_3 – твердость почвы

Полученные осциллограммы позволили проанализировать процесс движения прицепной машины в плоскости поля в режиме реального времени. Из них видно, что на вспаханном участке почвы длиной L_1 машина отклоняется от заданного курса (участок T_1), а при въезде на участок с твердой почвой длиной L_2 приближается к нему (участок T_2). Изначально выбрано $L_1 >> L_2$. Почва на каждом вспаханном участке имела различную относительную влажность W и, соответственно, твердость V. При этом заметно, что с уменьшением твердости почвы величина отклонения прицепной машины от заданного курса несколько возрастает.

Для выборки внутри участка T_1 можно выделить участок установившегося движения - $T_{уст}$, на котором агрегат движется устойчиво после перехода с одного участка на другой.

Как показывает статистический анализ, значения угла отклонения прицепного дышла φ от заданного курса преимущественно подчиняются нормальному закону распределения, о чем свидетельствуют результаты оценки расхождений между эмпирическими и теоретическими частотами вариационного ряда по критерии Пирсона.

Характер изменения угла отклонения прицепной машины с опорными колесами одинаковых (а) и разных (б) размеров от заданного курса в зависимости от положения колеса (1 – по вспаханной делянке, 2 – по невспаханной делянке) был рассмотрен при прямолинейной траектории движения агрегата.

Экспериментально полученные значения отклонений прицепного дышла машины от направления движения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значение угла φ отклонения прицепного дышла от направления движения агрегата, град.

Положение машины	Значение угла отклонения φ, град.			Среднее значение угла, град.
	при v=168 н/см^2	при v=113 н/см^2	при v=90 н/см^2	
1-А	5,86	7,99	10,45	8,04
1-А	5,12	6,17	9,93	7,07
1-Б	4,01	4,31	4,78	4,36
1-Б	3,56	3,89	4,44	3,96
2-А	3,14	4,04	4,33	3,84
2-А	3,16	3,76	4,15	3,69
2-Б	1,83	1,64	1,63	1,70
2-Б	1,99	2,26	1,88	2,04

Из таблицы 1 отчетливо видно, что с уменьшением твердости почвы в данном положении (под правым колесом) устойчивость хода резко снижается, при этом увеличивается угол отклонения дышла до значений, превышающих в 2…3 раза допустимые по агротребованиям. Это связано с тем, что в данных условиях сопротивление почвы опорным колесам прицепной машины преимущественно приложено с правой стороны, кроме того, с уменьшением твердости почвы увеличивается сопротивление качению колеса.

Таким образом, результаты проведенных исследований колебаний прицепной машины в горизонтальной плоскости коррелируются и, дополняя друг друга, подтверждают результаты теоретических исследований.

Исследуя устойчивость движения прицепной машины с опорными колесами разных размеров в положении 2, заметим, что при условии близкой по значению твердости почвы под обоими колесами величина угла отклонения дышла заметно падает по сравнению с результатами предыдущих опытов и не выходит за пределы значений, установленных агротребованиями.

Выводы. Изучив предварительно физико-механические свойства почвы, как среды, с которой взаимодействует прицепная машина, теоретически и экспериментально выявлен характер и степень влияния основных факторов процесса и конструкции опорной системы на устойчивость движения её в междурядье. Экспериментально было установлено, что с выполнением

радиуса и ширины левого опорного колеса меньшего размера, а также смещением точки прицепа вправо от центра на одно отверстие, величина отклонения прицепного дышла от заданного курса уменьшается до 1…3 градусов, что соответствует 20…60 мм отклонения режущего аппарата от рядка капусты. Это значение не превышает установленного агротребованиями.

Экспериментальным путем установлено, что определенные теоретически значения параметров опорно-прицепной системы (диаметр левого опорного колеса 0,62 м; ширина левого опорного колеса 0,145 м; диаметр правого опорного колеса 0,762 м; ширина правого опорного колеса 0,235 м; длина прицепного дышла не менее 1,44 м) действительно являются оптимальными и рациональными для выполнения рабочего процесса прицепной машиной.

Список используемой литературы:

1. Васильев А.О., Андреев Р.В., Александрова У.В., Григорьев А.О. Повышение устойчивости хода сельскохозяйственных машин // Сельский механизатор. 2017. № 8.

2. Васильев А.О., Андреев Р.В., Александрова У.В. Оптимизация размеров колес прицепной сельскохозяйственной машины. // Научно-образовательная среда как основа развития агропромышленного комплекса и социальной инфраструктуры села: материалы международной научно-практической конференции (посвященной 85-летию ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА). Чебоксары, 2016.

3. Алатырев С.С., Тончева Н.Н., Григорьев А.О., Савеличев К.А., Алатырева И.С., Васильев А.О., Андреев Р.В. Малогабаритный капустоуборочный комбайн – эффективное техническое средство для современного овощеводства // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 3.

4. Алатырев С.С. Васильев А.О. Совершенствование опорно-ходовой системы капустоуборочной машины // Сельский механизатор. 2013. № 1.

5. Васильев О.А., Дмитриева О.Ю., Егоров В.Г., Васильев А.О., Ильин А.Н. Состояние и перспективы развития современного сельскохозяйственного производства в регионе. // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2016. № 7.

References:

1. Vasilev A.O., Andreev R.V., Aleksandrova U.V., Grigorev A.O. Povyshenie ustoy-chivosti khoda selskokhozyaystvennykh mashin // Selskiy mekhanizator. 2017. № 8.

2. Vasilev A.O., Andreev R.V., Aleksandrova U.V. Optimizatsiya razmerov koles pri-tsepnoy selskokhozyaystvennoy mashiny. // Nauchno-obrazovatelnaya sreda kak osnova razvitiya agropromyshlennogo kompleksa i sotsialnoy infrastruktury sela: materialy mezhduna-rodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (posvya-shchennoy 85-letiyu FGBOU VO Chuvashskaya GSKhA). Cheboksary. 2016.

3. Alatyrev S.S., Toncheva N.N., Grigorev A.O., Savelichev K.A., Alatyreva I.S., Va-silev A.O., Andreev R.V. Malogabaritnyy kapustouborochnyy kombayn – effektivnoe tekhnicheskoe sredstvo dlya sovremennogo ovoshchevodstva // Traktory i selkhozmashiny. 2010. № 3.

4. Alatyrev S.S. Vasilev A.O. Sovershenstvovanie oporno-khodovoy sistemy kapustouborochnoy mashiny // Selskiy mekhanizator. 2013. № 1.

5. Vasilev O.A., Dmitrieva O.Yu., Yegorov V.G., Vasilev A.O., Ilin A.N. Sostoyanie i perspektivy razvitiya sovremennogo selskokhozyaystvennogo proizvodstva v regione. // Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra. 2016. № 7.

УДК 636. 113:637.116

ИСПЫТАНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТОВ ЭЛЕМЕНТОВ ДОИЛЬНОГО РОБОТА

Щукин С.И., ФГБОУ ВО Тверская ГСХА
Чаргеишвили С.В., ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

В статье описаны результаты лабораторных испытаний элементов доильного робота (сосковой резины, коллектора доильного аппарата). Были проведены сравнительные испытания серийного АДУ-1 и экспериментального доильного аппарата с независимым вакуумом на стенде искусственного вымени коровы. Опыты проводились в трехкратной повторности на фрагменте доильной установки АДМ – 200 в вакуумных режимах (40 кПа, 45 кПа, 54 кПа) вакуум-провода и молокопровода (16 кПа-25 кПа). Исследовались показатели: максимальное удельное давление сосковой резины на ткани соска, минутная вакуумная нагрузка на ткани вымени, вакуумная нагрузка за период полного доения и максимальное растягивающее усилие, действующее на сосок коровы. Полученные параметры расшифровки опытных осциллограмм показали, что элементы доильного робота «выдают» уменьшенное количество ударов по телу соска животного, а, следовательно, это способствует снижению на 10 % оттока молока обратно в цистерну вымени, что приводит к увеличению интенсивности молокоотдачи и снижению вероятности возникновения у коров технического мастита. Элементы доильного робота с новой конструкцией коллектора и видоизмененной сосковой резиной показали оптимальные параметры в различных режимах работы вакуумной системы, что, по-видимому, способствует более безопасному процессу машинного доения крупного рогатого скота высокой продуктивности. В результате проводимых опытов, анализ количественных показателей рабочих параметров агрегатов позволяет утверждать, что серийный доильный аппарат АДУ-1 имеет меньшую пропускную способность в сравнении с элементом доильного робота на всех режимах работы вакуумной системы.

Ключевые слова: *доильный аппарат, доильный робот, вакуумметрическое давление, сосковая резина, коллектор.*

Для цитирования: *Щукин С.И., Чаргеишвили С.В. Испытания и результаты опытов элементов доильного робота // Аграрный вестник Верхневолжья. 2018. № 1 (22). С. 60-65.*

Введение. За последнее десятилетие в России наращивает силу технологическая модернизация молочных ферм, которая основывается на использовании новейшего технологического оборудования и молочного скота с высоким потенциалом продуктивности [1, с. 1-5].

Современные предприятия по производству молока имеются в большинстве регионов России и ближнего зарубежья. В последнее время набирает тенденцию использование на молочных комплексах роботизированных систем доения, такие доильные установки успешно функционируют в Липецкой, Вологодской, Калужской, Рязанской, Ярославской областях и ряде других регионах страны [4, с. 5-12].

В ближайшие годы с высокой вероятностью будет набирать темп роботизированное доение молочного скота. Однако в настоящее время рынок представлен в основном импортными разработками.

На кафедре механизации и электрификации животноводства Тверской ГСХА в период 2016-2017 годов проводились лабораторные исследования и испытания элементов доильных роботов – экспериментальной сосковой резины и коллектора на стенде искусственного вымени [5, с. 19-25. 6, с. 9-16].

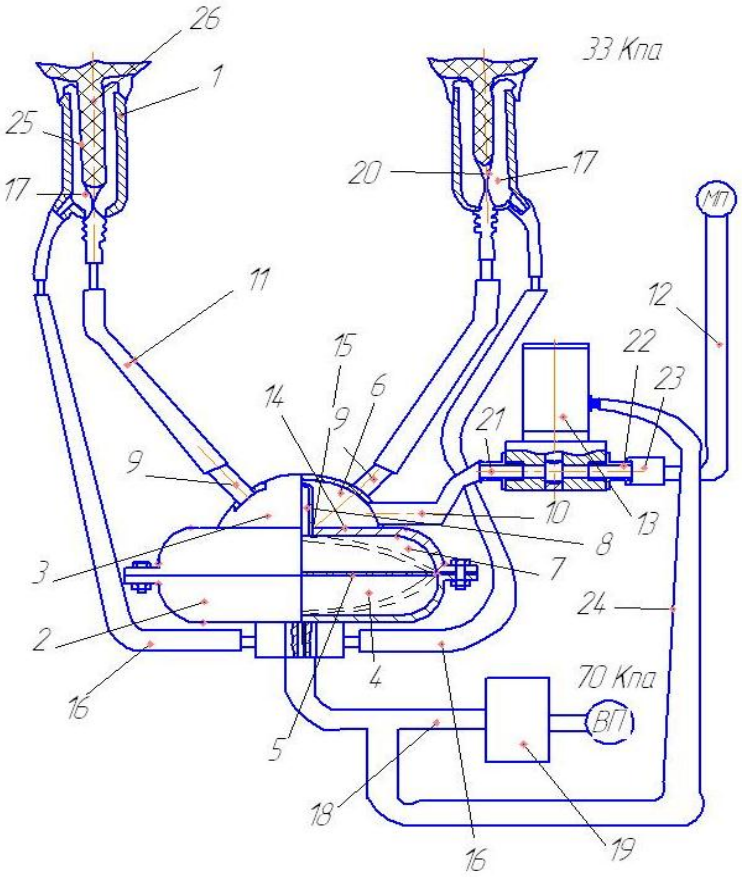


Рисунок 1 – Схема доильного аппарата

1- доильные стаканы; 2 - коллектор; 3 - молокосборная камера; 4 - камеры переменного вакуума; 5 - разделительная мембрана; 6,7 - верхняя и нижние камеры; 8 - патрубок; 9,10 - входной и отводной патрубки 11- соединительные шланги; 12- отводной молочный шланг; 13- запорный клапан; 14 - основание верхней камеры; 15 - точка пересечения оснований; 16 - соединительные шланги; 17 - межстаенная камера; 18 - магистральный вакуумный шланг; 19 - пульсатор; 20 - подсосковая камеры; 21,22 - штуцера; 23 - входной патрубок; 24 - вакуумный шланг; 25 - сосковая резина; 26 - сосок коровы

Рисунок 2 – Коллектор экспериментального доильного аппарата (нижнее положение мембраны)

Рисунок 3 – Коллектор экспериментального доильного аппарата (верхнее положение мембраны)

Следует отметить, что экспериментальный элемент доильного робота работает по принципу топливного насоса, последующая порция молока проталкивает предыдущую порцию, тем самым не образуется пены и групповой учет молока (счетчиками молока) будет более точным [2, 3].

Перемещение мембраны при работе коллектора представлено на рисунках 2 и 3.

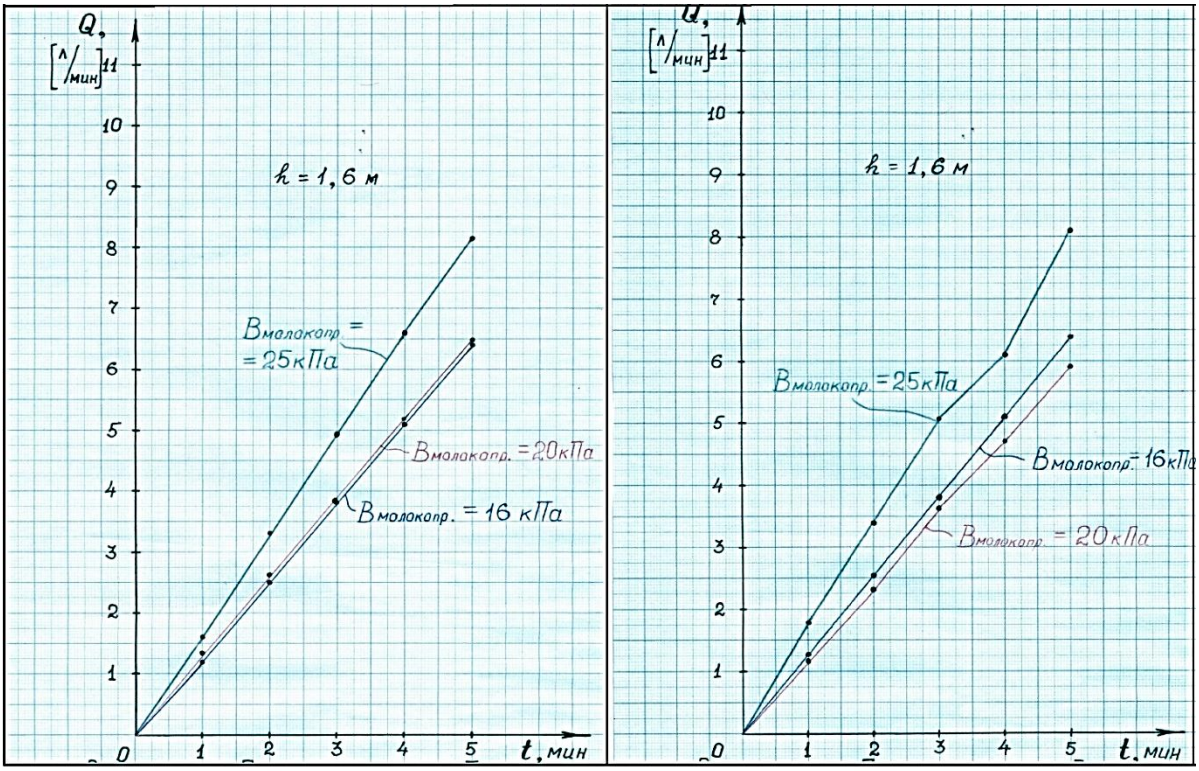
Материалы и методика. Опыты проводились в трехкратной повторности на фрагменте доильной установки АДМ – 200 в вакуумных режимах (40 кПа, 45 кПа, 54 кПа) вакуумпровода и молокопровода (16 кПа-25 кПа),

Продолжительность испытаний экспериментального доильного аппарата с независимым вакуумом на каждом режиме была равна 5 мин. Испытываемый коллектор имел объем молочной камеры 500 см^3.

Высота подъема молока от коллектора до молочно-вакуумного крана составляла 1,6 метра. Время фиксировали с помощью механического секундомера. Молоковыведение определяли за каждую минуту.

Количество выведенной жидкости, полученной на каждом режиме работы экспериментального доильного аппарата, регистрировали с помощью доильного ведра и электронных весов.

Результаты исследования. По результатам проведенных испытаний построены расчетные зависимости интенсивности молоковыведения элементом доильного робота на различных вакуумных режимах (рис. 4).



A B

Рисунок 4 – Пропускная способность исследуемого агрегата

Анализ графиков интенсивности молоковыведения элементом доильного робота показывает, что при увеличении величины вакуума в подсосковой камере доильного стакана с (16 до 25) кПа, и увеличении вакуума в вакуум - проводе с (40 до 54) кПа, происходит увеличение интенсивности молокоотдачи при одновременном уменьшении частоты пульсаций.

Результаты лабораторных исследований серийного и экспериментального доильных аппаратов приведены в таблице 1.

Как видно из данных таблицы 1, величина минутной нагрузки (F_M) на ткани вымени соска и вакуумная нагрузка ($F_{пд}$) за период полного доения находятся в пределах, соответствующих нормам международного стандарта ISO 5707-87 (F_M = 700…1200 Н·с; $F_{пд}$ = 3600…6000 Н·с), а максимальное растягивающее усилие (F_{Pmax}), действующее на сосок, не соответствует стандарту (F_{Pmax} = 17Н).

Таблица 1 – Сравнительные лабораторные испытания серийного доильного аппарата АДУ-1 и элемента доильного робота

Показатели	40 кПа		45 кПа		54 кПа	
Доильный аппарат «АДУ-1» (средн. знач.)						
Максимальное удельное давление (P_{max}) сосковой резины на ткани соска, кПа	4,02 4,26 4,07	4,18	3,79 4,26 3,59	3,63	4,80 4,85 4,86	4,84
Минутная вакуумная нагрузка ($F_м$) на ткани вымени, Н*с	316,41 339,04 322,24	325,89	402,96 410,89 548,10	432,05	477,48 483,36 484,27	481,62
Вакуумная нагрузка ($F_{р.д.}$) за период полного доения, Н*с	1588,49 1695,33 1702,58	1662,13	2017,49 2054,57 2029,99	2034,01	2367,97 2416,72 2421,32	2401,2
Максимальное растягивающее усилие ($F_{p\ max}$), действующее на сосок, Н	1,9 2,1 2,2	2,05	3,47 2,93 3,13	2,89	3,19 3,02 3,22	3,14
Элемент доильного робота (средн. знач.)						
Максимальное удельное давление (P_{max}) сосковой резины на ткани соска, кПа	3,5 3,7 3,54	3,58	3,30 3,07 3,12	3,16	4,18 4,22 4,23	4,21
Минутная вакуумная нагрузка ($F_м$) на ткани вымени, Н*с	275,14 294,82 280,21	283,39	350,4 357,3 365,4	357,7	415,2 420,3 421,1	418,8
Вакуумная нагрузка ($F_{р.д.}$) за период полного доения, Н*с	1381,3 1474,2 1480,5	1445,33	1754,34 1786,58 1765,21	1768,71	2059,1 2101,5 2105,5	2088
Максимальное растягивающее усилие ($F_{p\ max}$), действующее на сосок, Н	1,63 1,84 1,90	1,79	2,31 2,55 2,72	2,52	2,78 2,63 2,80	2,73

Рассмотрим и проанализируем осциллограммы режимов работы АДУ-1 рис. 5 и рис. 6 (А-45 кПа, Б-50 кПа) и экспериментального прототипа рис. 7 и рис. 8 (А-45 кПа, Б-54 кПа).

Можно отметить, что у последнего такт сосания и такт более растянуты и воздействие на сосок животного уменьшается с 50 кПа до 45кПа. Это позволяет уменьшить ударное вакуумное воздействие на сосок, при этом общее время молокоотдачи не изменяется. Исходя из вышесказанного, можно сделать следующие выводы.

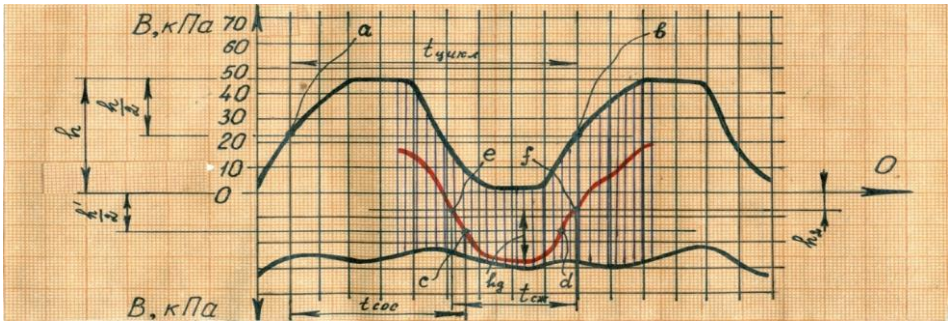


Рисунок 5 – Осциллограмма доильного аппарата АДУ-1 при $P_{вак.}$ = 45 кПа

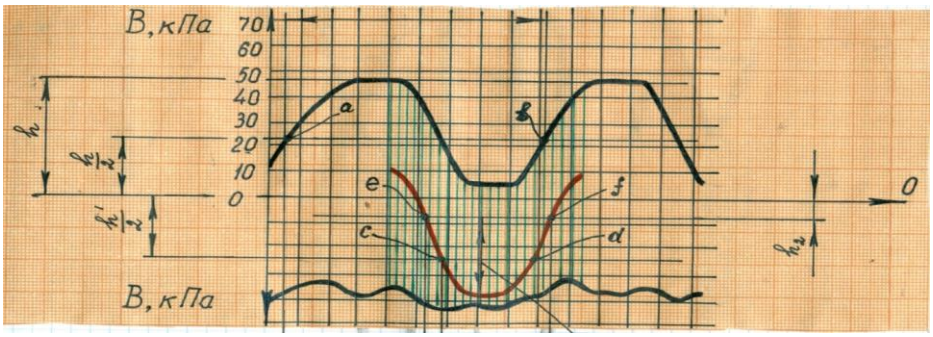


Рисунок 6 – Осциллограмма доильного аппарата АДУ-1 при $P_{вак.}$ = 54 кПа

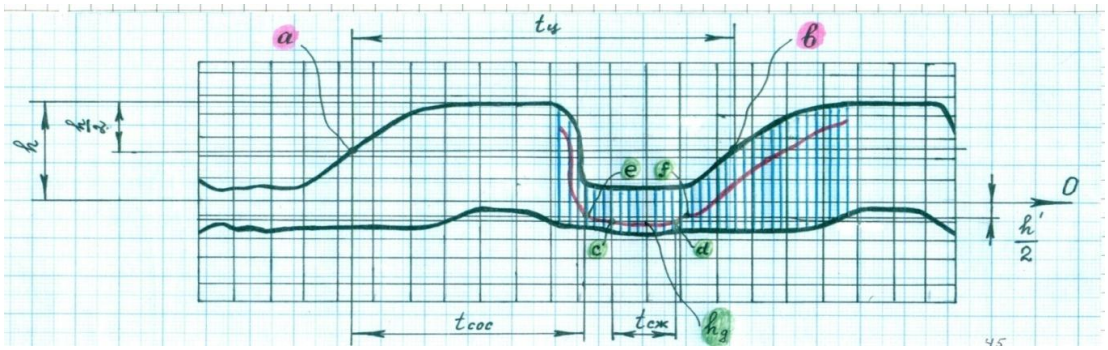


Рисунок 7 – Осциллограмма экспериментального доильного аппарата при $P_{вак.}$ = 45 кПа

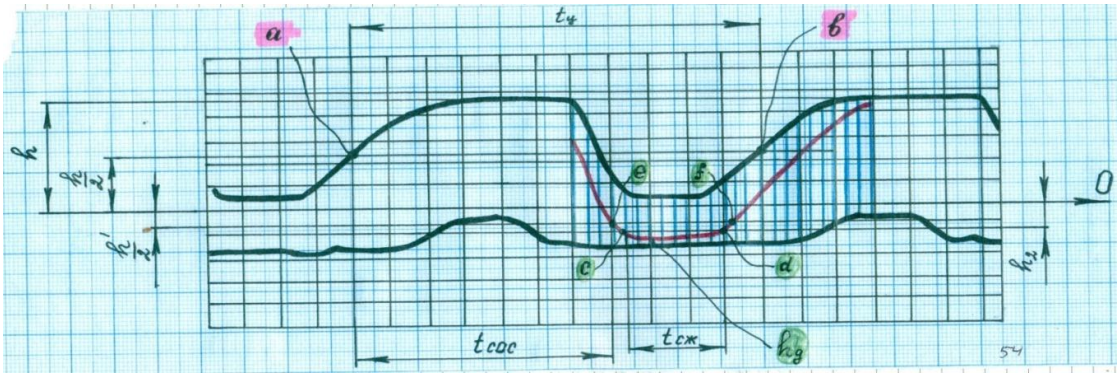


Рисунок 8 – Осциллограмма экспериментального доильного аппарата при $P_{вак.}$ = 54 кПа

Выводы. 1. Результаты проведенных лабораторных сравнительных испытаний серийного доильного аппарата АДУ-1 и элементов доильного робота показали, что серийный доильный аппарат АДУ-1 имеет меньшую пропускную способность в сравнении с элементом доильного робота на всех режимах работы вакуумной системы.

2. Полученные параметры расшифровки осциллограмм показали, что элементы доильного робота «выдают» уменьшение количества ударов по телу соска животного, а, следовательно, способствуют уменьшению на 10 % оттока молока обратно в цистерну вымени, что приводит к увеличению интенсивности молокоотдачи у коров.

3. Элементы доильного робота с новой конструкцией коллектора и видоизмененной сосковой резиной показали оптимальные параметры в различных режимах работы вакуумной системы, что, по-видимому, способствует более безопасному процессу машинного доения.

Список используемой литературы:

1. Легошин Г.П. Сравнение эффективности технологий производства молока на фермах с доением в стойлах, в доильных залах и на установках добровольного доения (роботах) // Молочное и мясное скотоводство. № 4. 2013. С. 1-5.

2. Патент РФ 109956 МК А01J 5/04. Доильный аппарат / Кирсанов В.В., Щукин С.И., Рыбалко А.И., Легеза В.Н. и др. Опубл. 10.11.2011.

3. Патент РФ 118839 МК А01J 5/04. Доильный аппарат / Кирсанов В.В., Щукин С.И., Рыбалко А.И., Легеза В.Н. и др. Опубл. 10.08.2012.

4. Хазанов Е.Е., Гордеев, В.В., Хазанов, В.Е. Модернизация молочных ферм. СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2008.

5. Щукин С.И. Основание параметров исполнительных механизмов доильного аппарата попарного действия.: дис …. канд. техн. наук. М., 2006.

6. Щукин С.И., Щукина Т.Н. Основание параметров доильного аппарата с независимым вакуумным режимом. Тверь: Триада, 2017.

References:

1. Legoshin G.P. Sravnenie effektivnosti tekhnologiy proizvodstva moloka na fermakh s doeniem v stoylakh, v doilnykh zalakh i na ustanovkakh dobrovolnogo doeniya (robotakh) // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. № 4. 2013. S. 1-5.

2. Patent RF 109956 MK A01J 5/04. Doilnyy apparat / Kirsanov V.V., Shchukin S.I., Rybalko A.I., Legeza V.N. i dr. Opubl. 10.11.2011.

3. Pattnt. RF 118839 MK A01J 5/04. Doilnyy apparat / Kirsanov V.V., Shchukin S.I., Rybalko A.I., Legeza V.N. i dr. Opubl. 10.08.2012.

4. Khazanov Ye.Ye., Gordeev, V.V., Khazanov, V.Ye. Modernizatsiya molochnykh ferm. SPb.: GNU SZNIIMESKh Rosselkhozakademii, 2008.

5. Shchukin S.I. Osnovanie parametrov ispolnitelnykh mekhanizmov doilnogo apparata poparnogo deystviya.: dis…. kand. tekhn. nauk. M., 2006.

6. Shchukin S.I., Shchukina T.N. Osnovanie parametrov doilnogo apparata s nezavisimym vakuumnym rezhimom. Tver: Triada. 2017.

УДК 631.3.004.67

ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ФОРМЫ ДЕТАЛЕЙ НА ИЗНОС СОПРЯЖЕНИЙ ДВИГАТЕЛЕЙ

Королев А.Е., ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья

В статье рассматривается влияние макрогеометрических отклонений деталей на износостойкость сопряжений дизелей. Стабильный уровень качества ремонта машин обеспечивается комплексом технических и организационных мероприятий. Работоспособность механизмов является функцией точности геометрической формы исполнительных поверхностей. Проведены эксперименты в производственных условиях по 8 маркам отремонтированных дизелей, в процессе сборки которых был выполнен мокрометраж ресурсоопределяющих деталей. При последующей обкатке двигателей осуществлен поэтапный отбор проб картерного масла и их спектральный анализ для оценки износостойкости сопряжений. Выявлено, что до 30 % деталей по погрешностям формы не соответствуют регламентированным значениям. Для обеспечения сопоставимости результатов экспериментов использованы относительные показатели макрогеометрических отклонений и износа деталей. Определено, что при увеличении овальности и конусности поверхностей трения интенсивность их изнашивания возрастает, особенно при превышении нормативов. При изменении погрешностей формы на 5 % износ повышается в среднем на 35 %. Степень воздействия факторов различна, влияние конусности гильз цилиндров на износ сопряжения больше в 1,1...1,3 раза их овальности. Влияние погрешностей формы шеек коленчатого вала на износ примерно одинаково. Износ шеек коленчатого вала зависит от погрешностей формы меньше в 1,4...1,6 раза, чем вкладышей. Оценка влияния всех факторов показала, что макрогеометрические отклонения гильз цилиндров влияют на суммарный износ деталей в 1,8...2,3 раза больше, чем отклонения коленчатого вала. Установлена взаимосвязь технических характеристик двигателей и износостойкости сопряжений. При повышении литровой мощности на 1 кВт, а частоты вращения коленчатого вала на 100 мин$^{-1}$, износ соответственно возрастает на 7...9 % и 4...6 %. Литровая мощность влияет на износ в 1,30...1,35 раз больше, чем скорость перемещения деталей. Обработка исходной информации показала, что все факторы значимы и оказывают существенное влияние на изучаемый процесс. Для обеспечения минимального начального износа двигателей допустимые значения макрогеометрических отклонений деталей не должны превышать 0,8...0,9 от нормативов.

Ключевые слова: *деталь, микрометраж, погрешности формы, сборка, двигатель, обкатка, износ.*

Для цитирования: *Королев А.Е. Влияние погрешностей формы деталей на износ сопряжений двигателей // Аграрный вестник Верхневолжья. 2018. № 1 (22). С. 66-70.*

Введение. Система обеспечения необходимого уровня качества ремонта двигателей включает в себя комплекс организационно-технических мероприятий: состав оборудования и оснастки, готовые и отремонтированные детали, методы контроля и испытания, технологическая документация. Выполнение техническими объектами обусловленных функций зависит от точности геометрической формы и расположения исполнительных поверхностей [1]. Макрогеометрические отклонения деталей приводят к увеличению нагрузок и скоростей в подвижных соединениях и, как следствие, к значительному снижению их ресурса [2]. В процессе технологической обкатки двигатель адаптируется к условиям эксплуатации. Для

оценки качества приработки двигателей необходимо иметь объективную информацию об их техническом состоянии. Среди применяемых методов наиболее эффективным является спектральный анализ смазочных масел, который позволяет оценивать технологический процесс обкатки по комплексу контролируемых параметров [3]. Данный метод основан на том, что детали изготовлены из материалов, содержащих различные химические элементы [4], которые при изнашивании поступают в картерное масло и в последующем фиксируются прибором с определением их концентрации. Ресурс двигателей в наибольшей степени зависит от скорости изнашивания базовых сопряжений: гильза цилиндра - поршень, шейка коленчатого вала – вкладыш, поэтому процесс их приработки оценивался соответственно по суммарному содержанию следующих элементов: железо, хром, алюминий и медь, олово, свинец.

Цель исследования. Повышение качества ремонта двигателей путем регламентации погрешностей формы деталей.

Методика исследований. В исследовании оценивались погрешности формы ресурсоопределяющих сопряжений 8 марок дизелей. Эксперименты выполнялись на специализированных ремонтных предприятиях Тюменской области. Перед сборкой двигателей проводился микрометраж деталей согласно ГОСТ 19509-88, а погрешности измерений - по ГОСТ 8.051-81. Обкатка дизелей осуществлялась согласно действующей нормативно-технической документации, в процессе которой выполнялся периодический отбор проб картерного масла и последующий их спектральный анализ на установке МФС-7. Под наблюдением находилось 30...35 объектов. Результаты опытов обрабатывались по общепринятым методикам.

Результаты исследований. Микрометраж деталей показал, что отклонения размеров имеют значительный диапазон рассеивания (коэффициент вариации для различных марок двигателей находится в пределах 0,58...0,87), поэтому в среднем 26 % контролируемых параметров выходит за пределы нормативных значений (табл. 1).

Таблица 1 – Дефектность деталей двигателей

Марка дизеля	Количество деталей, имеющих отклонения овальности и конусности от нормативных значений, %	
	гильз цилиндров	шеек коленчатого вала
СМД-14	22,6	21,2
СМД-19	24,0	27,1
СМД-21	21,6	26,2
А-41	23,0	25.6
Д-160	19,7	25,2
Д-240	28,6	24,8
СМД-62	26,6	28,7
ЯМЗ-238НБ	22,5	26,0

Поскольку дизели существенно отличаются по нормативам на макрогеометрические отклонения поверхностей и конструкторско-технологическим характеристикам, то для получения сопоставимых результатов экспериментов далее используем относительные показатели. В данном случае это отношение фактической овальности и конусности к регламентированной, а также отношение соответствующего износа сопряжений к износу при нормативных погрешностях формы деталей. На примере 4 марок дизелей показано влияние погрешностей формы на износ деталей (рис. 1, 2). Коэффициенты множественной корреляции математических моделей в среднем составляют 0,86, что соответствует достаточно высокой степени взаимосвязи между факторами и выходными параметрами. Поскольку на износ двигателей влияет большое число факторов, то из приведенных данных следует, что макрогеометрические отклонения деталей играют существенную роль в процессах изнашивания сопряжений.

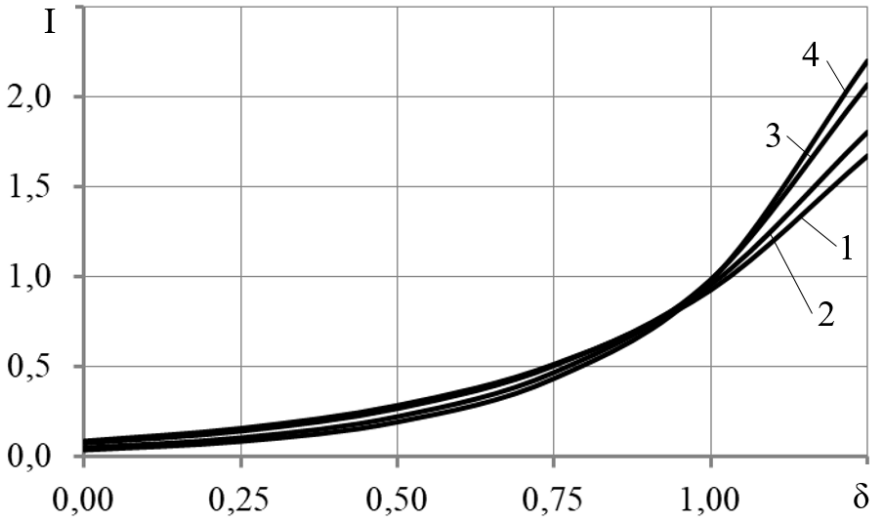


Рисунок 1 – Влияние овальности и конусности гильз цилиндров на износ сопряжений двигателей: I - ЯМЗ-238НБ. 2 - СМД-62, 3 - А-41, 4 - Д-240

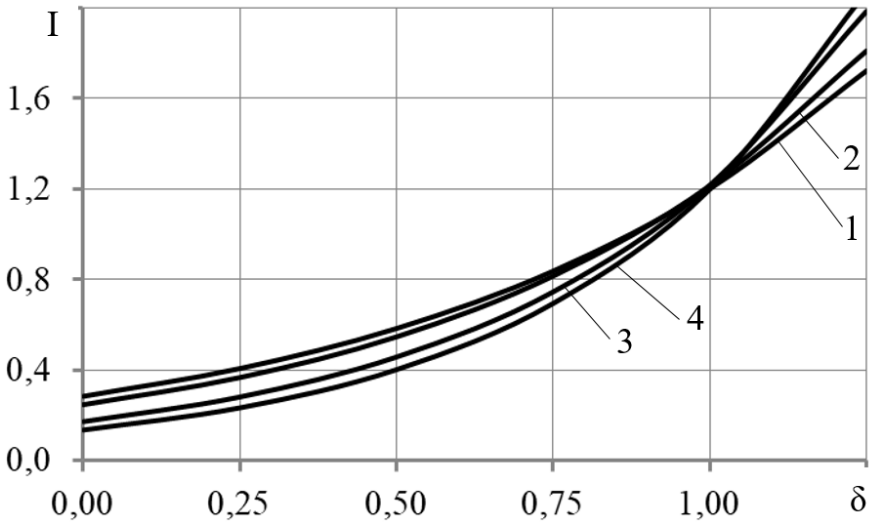


Рисунок 2 – Влияние овальности и конусности шеек коленчатого вала на износ сопряжений двигателей: 1 - ЯМЗ-238НБ, 2 - СМД-62, 3 - А-41, 4 - Д-240

Отсюда видно, что с увеличением овальности и конусности деталей износ их возрастает и более интенсивно при превышении нормативных значений. При изменении погрешностей формы на 1 мкм в нормативных пределах износ повышается на 4…6 %, а при их превышении - на 18…20 %. Степень воздействия факторов различна, влияние конусности гильз цилиндров на износ сопряжения больше в 1,1...1,3 раза их овальности. Влияние погрешностей формы шеек коленчатого вала на износ сопряжения шейка-вкладыш примерно одинаково, несколько больше действие макрогеометричесхих отклонений коренных шеек вала. Износ шеек коленчатого вала зависит от погрешностей формы меньше в 1,4...1,6 раза, чем вкладышей. Обобщенная оценка влияния всех факторов показала, что в значительной мере суммарный износ деталей определяется макрогеометрическими отклонениями гильз цилиндров (в 1,8...2,3 раза больше, чем отклонениям коленчатого вала). Характер и величина износа для двигателей отличаются, поэтому проанализировано влияние их технических показателей на данный процесс. В качестве конструкторских факторов были приняты литровая мощность $N_л$ (отношение эффективной мощности к объему цилиндров) и частота вращения коленчатого вала n, а в качестве выходных параметров - относительный износ на единицу погрешностей формы (табл. 2).

Расчетно-экспериментальные закономерности приведены на рис. 3 и 4.

Таблица 2 – Конструкторские признаки и износ двигателей

Марка дизеля	Значения признаков		Относительный износ	
	$N_л$. кВт/л	n, мин$^{-1}$	ЦПГ	КШМ
СМД-14	8,76	1700	1,164	1,194
СМД-19	14,76	1900	1,802	1,791
СМД-21	16,94	2000	2,615	2,290
А-41	8,88	1750	1,655	1,589
Д-160	8,68	1250	1,227	1,160
Д-240	11,60	2200	1,761	1,658
СМД-62	13,26	2100	1,444	1,449
ЯМЗ-238НБ	9,90	1700	1,339	1,378

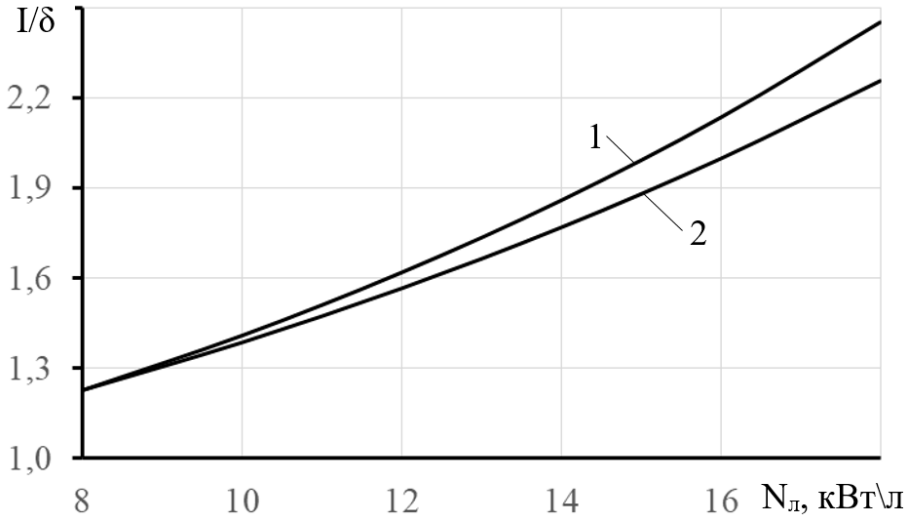


Рисунок 3 – Влияние литровой мощности дизелей на относительный износ цилиндропоршневой группы (1) и кривошипно-шатунного механизма (2)

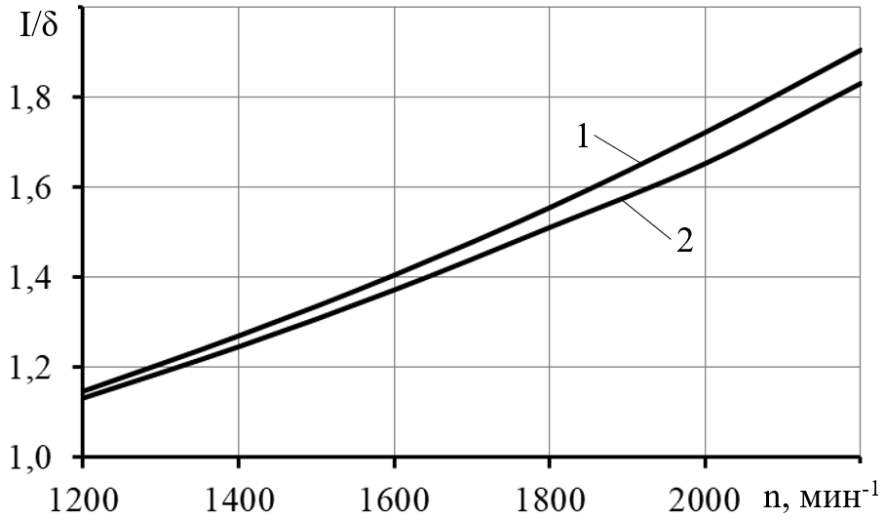


Рисунок 4 – Влияние частоты вращения коленчатого вала на относительный износ цилиндропоршневой группы (1) и кривошипно-шатунного механизма (2)

С приращением частоты вращения вала увеличивается путь трения деталей за период приработки и пропорционально возрастает их износ. Литровая мощность характеризует совершенство рабочего процесса и конструктивного исполнения двигателей, а также степень их форсирования. Один из способов форсирования дизелей - повышение скорости вращения коленчатого вала. Для
данной группы двигателей эта взаимосвязь имеет вид: $N_л = 3,87 \cdot e^{0,0006 \cdot n}$. При форсировании возрастает теплонапряженность и нагруженность деталей, вследствие чего нарастает их износ. Коэффициенты парной корреляции износа с литровой мощностью составляют 0,83…0,85 и существенно меньше с частотой вращения - 0,58…0,62. Литровая мощность влияет на износ в 1,30…1,35 раз больше, чем скорость перемещения деталей.

Выводы. В результате контроля деталей при ремонте двигателей выявлено, что от 20 до 28 % их превышают нормативные значения по погрешностям формы. При увеличении овальности и конусности деталей в 1,1 раза износ сопряжений возрастает 1,6…1,8 раза. Анализ полученных результатов показал, что износ дизелей определяется степенью их форсирования. Для обеспечения гарантированного межремонтного ресурса двигателей допустимые значения макрогеометрических отклонений деталей должны составлять не более 0,8…0,9 от нормативов.

Список используемой литературы:

1. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ М.: «Машиностроение», 1977.

2. Королев А.Е., Белов А.Г. Влияние исходного качества деталей на износ двигателей // Вестник Курганского ГУ. 2010. № 1. С. 50-51.

3. Королев А.Е. Оптимизация режима спектрального анализа // Вестник государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2013. № 4. С. 67 - 68.

4. Королев А.Е. Расчетно-экспериментальный метод определения допускаемого износа двигателей // Вестник государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2016. № 1. С. 135-139.

References:

1. Kragelskii I.V., Dobychin M.N., Kombalov V.S. Osnovy raschetov na trenie i iznos M.: «Mashinostroenie», 1977.

2. Korolev A.E., Belov A.G. Vliianie iskhodnogo kachestva detalei na iznos dvigatelei // Vestnik Kurganskogo GU. 2010. № 1. S. 50-51.

3. Korolev A.E. Optimizatsiia rezhima spektralnogo analiza // Vestnik gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zauralia. 2013. № 4. S. 67 - 68.

4. Korolev A.E. Raschetno-eksperimentalnyi metod opredeleniia dopuskaemogo iznosa dvigatelei // Vestnik gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zauralia. 2016. № 1. S. 135-139.