

4. Mishurov, N.P. Tekhnologii, mashiny i oborudovanie dlia proizvodstva kombikormov: sprav. / N.P. Mishurov, V.F. Fedorenko, V.I. Syrovatka, L.A. Nemenushchaia. – Moskva: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2021. – 168 s.

5. Vliianie davleniia vozdukha na tekhnologicheski protsess izmelcheniia zerna v drobilke / P.A. Savinykh, N.V. Turubanov, A.V. Aleshkin, V.A. Sukhliaev // Inzhenernye tekhnologii i sistemy. – 2025. – T. 35. No. 1. – S. 60-83.

6. Sadov, V.V. Povyshenie ekspluatatsionnykh pokazatelei izmelchitelei zerna s pnevmozaborom / V.V. Sadov, S.A. Sorokin // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – No. 8 (214). – S. 90-95. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-214-8-90-95.

7. Rezultaty otsenki pokazatelei raboty molotkovoi drobilki DKR-1 / S.Iu. Bulatov,

V.N. Nechaev, A.G. Sergeev, A.E. Shlykov // Vestnik NGIEI. – 2024. – No. 12 (163). – S. 7-23.

8. Rezultaty issledovaniia rabocheho protsessa drobilki s pnevmaticheskoi podachei pri proizvodstve kormovoi dobavki iz drevesnykh materialov selskokhoziaistvennym zhivotnym / S.Iu. Bulatov, V.N. Nechaev, A.G. Sergeev // Vestnik NGIEI. – 2023. – No. 9 (148). – S. 16-29.

9. Obzor semeistva k-ε modelei dlia modelirovaniia turbulentnosti / Ia.A. Korkodinov // Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Mashinostroenie, materialovedenie. – 2013. T. 15. No. 2. – S. 5-16.

10. Vybor modeli turbulentnosti pri modelirovanii vikhrevogo techeniia zhidkosti v teplogeneratore / R.R. Kalimullin, E.N. Iamnova, N.V. Shesteriakova // Gidravlika. – 2016. – No. 1 (1). – S. 60-66.



УДК 62-192:658.58:631.363.21

DOI: 10.53083/1996-4277-2025-248-6-71-81

**М.В. Полковникова, А.В. Ишков,  
В.В. Иванайский, Е.М. Таусенев**  
M.V. Polkovnikova, A.V. Ishkov,  
V.V. Ivanauskii, E.M. Tausenev

## ПЛАНИРОВАНИЕ СЕРВИСНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ МОЛОТКОВЫХ ДРОБИЛОК КОРМОПРИГОТОВИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ «АЛТАЙ»

### PLANNING OF SERVICE MEASURES FOR HAMMER CRUSHERS OF "ALTAI" FEED PREPARATION PLANTS

**Ключевые слова:** кормодробилка, межремонтный интервал, сервисное обслуживание, ресурс, отказ, разбалансировка, молоток, животноводство, ось ротора, надежность.

В настоящее время в животноводстве при приготовлении кормов распространены ДМ с горизонтальным расположением ротора. Это энергонасыщенные, металлоемкие аппараты с высокой производительностью, при работе которых наблюдается интенсивный

износ рабочих органов – молотков, периодически отказывают и другие детали: подшипники, оси, решета, электродвигатель и пр., что приводит к неизбежным остановкам оборудования, снижению качества продукции, увеличению эксплуатационных затрат. Таким образом, планирование сервисных мероприятий для повышения надежности ДМ, увеличения их межремонтного интервала, снижения трудоемкости номерных ТО и пр. является актуальной задачей. Определенными преимуществами перед традиционными ДМ

обладают оригинальные кормодробилки с вертикальным расположением ротора, разработанные учеными Алтайского ГАУ, в том числе модель ДМ-3,5, устанавливаемая на кормоприготовительные комплексы «Алтай». Как показывает практика, дробилкам такой конструкции свойственны следующие отказы: выход из строя подшипников, изнашивание деки, неисправности электродвигателя, разрыв муфты, вибрация и биение подшипникового вала, люфт или осевое перемещение вала в опоре; затрудненное вращение вала, изнашивание рабочих органов (молотков) и пр. На основе анализа опыта эксплуатации таких дробилок в хозяйствах Алтайского края предложен комплекс мероприятий, позволяющих увеличивать межремонтный интервал, планировать сроки и изменять содержание ТО, совершенствовать технологию ТО-1 и др., что приводит к повышению надежности этого агрегата.

**Keywords:** *feed mill, service interval, maintenance service, resource, failure, unbalance, hammer, animal farming, rotor axis, reliability.*

At present in livestock farming, hammer crushers with horizontal rotor arrangement are widespread for feed preparation. These are energy-intensive and metal-

intensive devices with high productivity; during their operation there is intensive wear of working bodies – hammers; and other parts fail periodically: bearings, axles, sieves, electric motors, etc., which leads to inevitable stoppages of equipment, reduced product quality, and increased operating costs. Therefore, planning of service activities to improve reliability of hammer crushers, increase their overhaul interval, reduce the labor intensity, etc., is an urgent task. The original feed crushers with vertical rotor arrangement, developed by scientists of the Altai State Agricultural University, including the model DM-3.5, installed on feed preparation plants “Altai”, have certain advantages over traditional hammer crushers. As practice shows, crushers of such design are characterized by the following failures: bearing failure, deck wear, electric motor malfunction, coupling breakage, vibration and runout of the bearing shaft, backlash or axial movement of the shaft in the support, difficult shaft rotation, wear of working tools (hammers), etc. Based on the experience of operation of such crushers on the farms of the Altai Region, we propose a set of measures to increase the overhaul interval, plan the timing and change the content of maintenance, improve the technology of maintenance and repair, etc. which increases the reliability of these plants.

**Полковникова Марина Викторовна**, соискатель, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: polkovnikova.1105@mail.ru.

**Ишков Алексей Владимирович**, к.х.н., д.т.н., доцент, профессор кафедры, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: alekeyyishk@rambler.ru.

**Иванайский Виктор Васильевич**, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: viv174@bk.ru.

**Тausenev Евгений Михайлович**, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: tausenev\_e\_m@bk.ru.

**Polkovnikova Marina Viktorovna**, degree applicant, Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: polkovnikova.1105@mail.ru.

**Ishkov Aleksey Vladimirovich**, Cand. Chem. Sci., Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: aleksey-yishk@rambler.ru.

**Ivanayskiy Viktor Vasilevich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: viv174@bk.ru.

**Tausenev Evgeniy Mikhaylovich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: tausenev\_e\_m@bk.ru.

### Введение

Предприятия АПК в нашей стране традиционно специализируются на растениеводстве, животноводстве или смешанном, мясо-молочном направлении, а для всей отрасли сельского хозяйства характерна выраженная региональная специфика преобладания одного из них. Не является здесь исключением и Алтайский край (АК), где производство молока, мяса и продуктов их переработки составляет до 48-50% от общей продукции региональной отрасли АПК в течение последних 5-10 лет [1].

Даже в таких традиционно растениеводческих регионах страны с благоприятными почвенно-климатическими условиями для выращивания зерновых культур и большими посевными площадями, как Северный Кавказ, Цен-

трально-черноземный район и Поволжье, доля продукции животноводства в валовом объеме производства региональных отраслей АПК редко опускается ниже 30-35% [2]. Это объективно связано со структурой и особенностями потребления населением нашей страны продуктов питания животного и растительного происхождения, локальным характером размещения и постоянной занятостью кадров в животноводстве и сезонной – в растениеводстве, сроками и условиями хранения продукции этих отраслей, обеспечением продовольственной безопасности и пр. [3].

Для удовлетворения растущих потребностей животноводства, при реализации прогрессивных технологий содержания и кормления сельскохозяйственных животных, этой отрасли АПК

требуется все больший объем качественных полнорационных, многокомпонентных и комбинированных кормов, основным компонентом которых является фуражное зерно пшеницы, овса, кукурузы и др. (в зависимости от региональной специфики и рациона), которое измельчается до фракций определенного оптимального размера [4, 5].

Основным оборудованием в животноводстве при приготовлении кормов являются дробилки молотковые (ДМ) различных конструкций [6]. В этих аппаратах зерно, поступая в камеру, измельчается, подвергаясь многократным ударам закрепленных на осях ротора молотков, ударяясь о соседние зерна, а также о неподвижные деки, на которые зерно попадает, циркулируя в камере [7], т.е. основными механизмами измельчения в таких дробилках являются удар и истирание [8].

В настоящее время в животноводстве при приготовлении кормов распространены ДМ с горизонтальным расположением ротора [6-8]. Это энергонасыщенные, металлоемкие аппараты с высокой производительностью, при работе которых всегда наблюдается интенсивный износ рабочих органов – молотков, периодически отказывают и другие детали: подшипники, оси, решета, электродвигатель и пр., что приводит к неизбежным остановкам оборудования, снижению качества продукции, увеличению эксплуатационных затрат. Повышение надежности ДМ, увеличение их межремонтного интервала, а главное, повышение долговечности молотков являются актуальными задачами.

Определенными преимуществами перед традиционными ДМ обладают оригинальные кормодробилки с вертикальным расположением ротора, разработанные учеными Алтайского ГАУ [9, 10]. Эти ДМ различной производительности (1,5; 3,5; 6,5 т/ч), установлены на кормоприготовительных агрегатах «Алтай», которые успешно используются животноводческими предприятиями АПК региона уже в течение 10-15 лет. Как показал опыт их эксплуатации, несмотря на небольшой износ молотков у таких дробилок (3-5%), они требуют частой замены, так как при работе с изношенными деталями сильно снижается качество измельчения, растут вибрация и энергопотребление аппарата, учащаются отказы других деталей [11].

**Целью** работы являлось повышение надежности и эффективности молотковой дробилки

ДМ-3,5 на основе комплекса мероприятий по увеличению межремонтного интервала, определению сроков и содержания операций технического сервиса, совершенствованию технологии ТО-1.

### Экспериментальная часть

Исследования проводились по распределенному графику в три этапа. На первом этапе собирали данные по техническим отказам оборудования, срокам их наступления (наработке), вероятным причинам и установлению причинно-следственных связей; на втором – исследовали изнашивание рабочих органов (молотков) дробилки ДМ-3,5 по различным параметрам, для различных секций ротора, его зависимость от наработки, а также устанавливали параметры предельного состояния этой детали; на третьем – разрабатывали и оптимизировали технологию упрочнения молотков, а также исследовали зависимость их износа от наработки для разных вариантов технологии.

Статистика и причины отказов (за 5 лет) получены по первичным данным журналов ТОиР 4 кормоприготовительных агрегатов «Алтай», различной производительности, установленных в следующих хозяйствах: ООО «Антипинское», Тогульский район АК, с Антипино; ООО «Система», Топчихинский район АК, с. Фунтики, ФГБУ ПЗ «Комсомольский», Павловский район АК, пос. Комсомольский и приведена (по наработке, т) условно к исследуемому нами агрегату – дробилке ДМ-3, производительностью до 3,5 т/ч. Объем такой выборки отвечает требованиям плана испытаний [12].

Согласно типовой методике для таких машин [13], измельчали различное количество комбикормовой смеси, фиксировали суточную/сменную производительность, а в пересменку с ротора дробилки снималась пара диаметрально расположенных контрольных (упрочненных и/или неупрочненных) молотков, у которых определялись параметры весового –  $I_m$  и/или линейного –  $I_l$  изнашивания, % (которые коррелируют между собой), после чего детали возвращались на место для сохранения «чистоты» эксперимента.

Комбикормовая смесь (типовой рацион [14]) состояла из фуражного зерна пшеницы, овса и сухого витаминно-минерального премикса для КРС, марки П 60-3 (ООО «Велес», г. Уфа), с соотношением пшеница : овес : премикс – 1:1:0,01. Влажность измельчаемой пшеницы –

18%, овса – 13%, содержание сорных примесей в фураже – 8 и 13% соответственно (определены в лаборатории хозяйства гравиметрически по ГОСТ 13586.5-2015 и ситовым анализом по ГОСТ 30483-97).

Экспериментальное исследование изнашивания рабочих органов (молотков) проводили на дробилке ДМ-3,5 кормоприготовительного агрегата «Алтай», установленном в учебном хозяйстве ООО «Пригородное» (г. Барнаул).

Объект исследования: молоток для дробилок типа ДМ (дет. ДМ5.04.03.004, пр-во ООО «Альянс-Пром», г. Барнаул), материал: сталь 65Г, размеры: 150х50х5 мм, масса:  $260 \pm 2$  г.

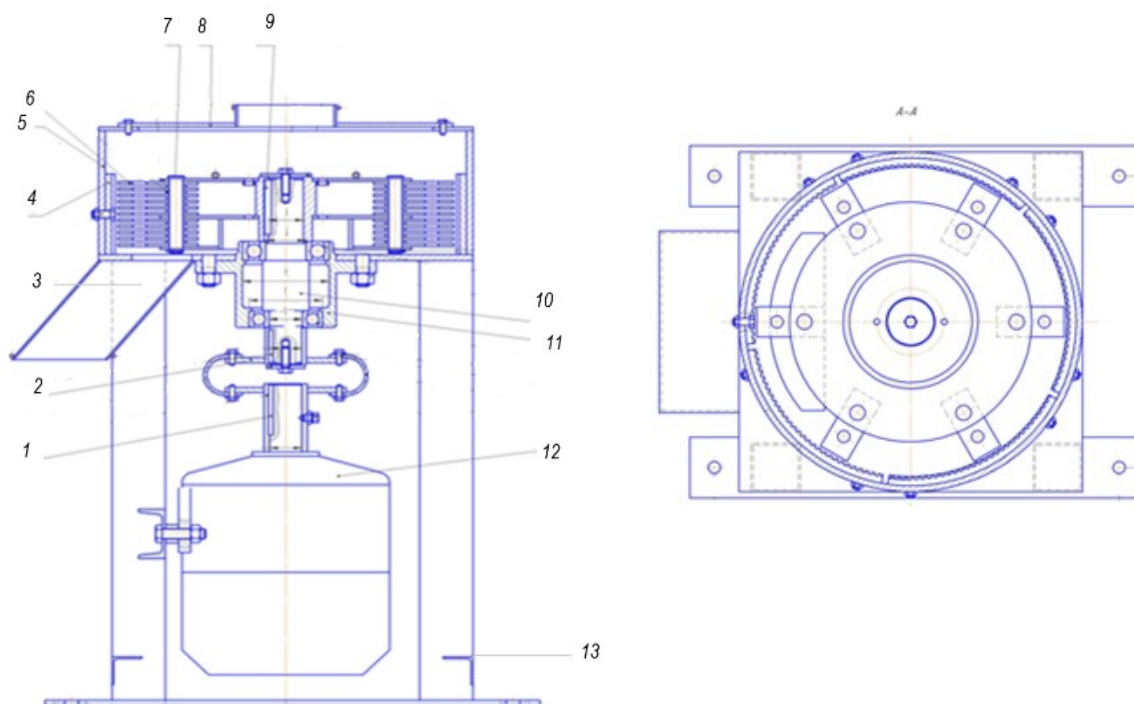
Предмет исследования: закономерности изнашивания молотков, значения параметров надежности машины (наработка на отказ(ы) различных групп сложности), причины отказов.

Износ молотков определяли с помощью сертифицированных, поверенных СИ: весовой износ – на весах «CAS» MW-1 200-0,1 (ГОСТ 24104-2001), линейный – штангенциркулем «GRIFF» ШЦ-I-150-0,05 (ГОСТ 166-89), на расстоянии 5 мм от торца молотка (при измерении по профилю неизношенной детали).

### Результаты и их обсуждение

На исследованных кормоприготовительных агрегатах «Алтай» разработчиком устанавливались дробилки ДМ различной производительности (1,5; 3,5; 6,5 т/ч), но одинаковой конструкции, при этом тип измельчаемого материала был одинаковый – зерновые кормосмеси. Если ориентироваться на наработку аппарата, то такие параметры их надежности, как время наступления однотипного отказа можно объединять в одну выборку данных, обрабатывать совместно, и привести к так называемой «условной» машине, путем кратного увеличения/уменьшения значения параметра по известной методике [12, 14]. В качестве условной машины выбрали дробилку ДМ-3,5 производительностью 3,5 т/ч, так как все остальные исследования изнашивания молотков были проведены на этом аппарате (рис.).

Дробилка типа ДМ состоит из следующих основных узлов, деталей: 1 – шпонки; 2 – гибкая муфта; 3 – выгрузочное окно; 4 – дека; 5 – корпус; 6 – молотки; 7 – оси молотков; 8 – загрузочное окно; 9 – ротор; 10 – подшипниковый вал; 11 – подшипниковая опора; 12 – электродвигатель; 13 – станина. Крепежные детали аппарата для упрощения не обозначены.



**Рис. Принципиальная схема и основные узлы дробилки ДМ-3,5 кормоприготовительного комплекса «Алтай»**



В настоящее время многие из этих аппаратов прошли модернизацию: добавлено сменное выпускное решето для отбора различной фракции, изменено расположение выгрузочного окна, добавлены магнитные сепараторы и камнеотбойники, установлено электронное управление и пр. Однако общая компоновка узлов, вертикальное расположение ротора и молотков, режимы работы, главное – принцип измельчения зерна в вихревом воздушно-зерновом слое [15], за последние 15 лет не изменились, что подтверждает эффективность разработанной конструкции.

Как видно из рисунка, учитывая механическое взаимодействие узлов при измельчении зерна, в рамках теории надежности такой аппарат можно рассматривать как сложную 6-элементную техническую систему с последовательным соединением основных элементов (электродвигатель, гибкая муфта, подшипниковый вал, подшипниковая опора, ротор, дека). Резервирование в этой системе реализовано только для рабочих органов дробилки – молотков, расположенных 6 стопками по 8 шт. молотков в стопке (всего 48 шт. деталей) и равномерно распределенных по ротору, а также для 6 осей, на которых они закреплены.

Как известно, в такой последовательной системе при отказе любого из основных элементов (кроме молотков и осей их крепления к ротору) неизбежно теряет работоспособность и вся конструкция [16], а вероятность отказа всей системы определяется произведением вероятности отказов  $i$ -тых элементов.

Вероятность отказов элементов с резервированием рассчитывается уже суммой вероятности отказов  $j$ -тых элементов, поэтому при отказе одного или даже нескольких молотков (сильном износе, разрушении и скалывании части детали, сходе с оси и пр.) дробилка продолжит работать.

Учитывая вертикальное расположение оси вращения ротора ДМ, его большой диаметр ( $> 600$  мм), и вес молотка, достигающий до 240–260 г (в зависимости от толщины проката заготовки), при неустранении такого отказа в дальнейшем наступит разбалансировка ротора, увеличение его вибрации, биение и нарушение нормальной работы подшипников опоры. При дальнейшем развитии этих процессов и отсутствии технического обслуживания оборудования будет нарушена соосность всей конструк-

ции, а при критическом отклонении (блуждании) оси ротора, большем, чем зазор между декой и торцом молотка (5–8 мм), начнутся столкновения других молотков с декой, что приведет к образованию на ее поверхности выбоин, трещин и сколов, затем к разрушению новых молотков и далее к заклиниванию вала, порыву муфты, срезу шпонок и пр., т.е. катастрофическим процессам.

Действительно, при работе данного аппарата (согласно собранным первичным данным из журналов ТОиР сервисных служб хозяйств) возникали следующие отказы различных групп сложности, требующие устранения и ремонта различной трудоемкости, для восстановления работоспособности ДМ: отказ (заклинивание) ротора; разрушение или износ молотков; разрушение или износ деки; отказ подшипниковой опоры или ее элементов; отказ гибкой муфты или ее элементов; отказ электродвигателя и др.

Кроме того, при эксплуатации дробилки определенных наработок, либо при нарушении правил ТО во всех хозяйствах отмечалась повышенная вибрация из-за разбалансировки ротора по различным причинам (разный вес молотков партии, неправильная расстановка молотков одной партии и неравномерный износ молотков, неправильная установка/сборка ротора и пр.)

В таблице 1 приведены отказы ДМ, ранжированные по частоте встречаемости (по данным журналов ТОиР), при нормальной эксплуатации исследованных кормоприготовительных агрегатов (данные приведены к условной дробилке ДМ-3,5).

Как следует из данных таблицы 1, наиболее редкими отказами ДМ являются отказы электродвигателя (из-за срезания шпонки), который наступил только у одного аппарата из исследованной выборки при наработке более 200 000 т, а его причиной стало попадание постороннего предмета в дробилку. Следующими, по встречаемости, являются отказы ротора (повышенная вибрация, посторонние шумы), которые наблюдались уже у всех исследованных ДМ при достижении ими наработки выше 120 000 т, причинами были неправильная балансировка и попадание посторонних предметов в аппарат. Указанные выше отказы удобно объединить в одну группу по признаку самой большей наработки (120–200 000 т).

Таблица 1

*Характеристики отказов узлов и агрегатов дробилки ДМ-3,5*

Узел (деталь)	Вид (содержание) отказа(ов). Причины	Частота отказов, %	Наработка, т
Подшипниковая опора	Отказы: повышенные шум/вибрация; перегрев опоры, подтекание смазки. Причины: разрушение сепаратора ПК; проворачивание ПК на валу/в корпусе опоры; отсутствие и/или недостаточное количество смазки; разрушение (износ) сальника; нарушение технологии монтажа/демонтажа ПК; работа узла при повышенных радиальных/осевых нагрузках	25-50	< 15000
Подшипниковый вал	Отказы: вибрация и биение вала (рыскание); люфт и/или осевое перемещение вала в опоре; затрудненное или, наоборот, чрезмерно легкое вращение вала в опоре	25-50	< 20 000
Гибкая муфта	Отказы: разрыв муфты; истирание/порывы резинокордовых ремней; потеря отдельных звеньев. Причины: рывки при работе/пуске; длительная вращение в одном направлении; замасливание; смещение осей шпонок	20-25	< 25000
Ротор	Отказы: повышенная вибрация; посторонние шумы/удары при работе; затрудненное проворачивание в корпусе. Причины: отсутствие/неправильная балансировка ротора; неравномерный износ молотков; износ осей молотков; перекося (блуждание) оси ротора; попадание посторонних предметов (частей деталей) в зазор между ротором (молотками) и декой; цепляние молотков за деку	75-100	> 120000
Дека	Отказ: некачественное измельчение материала (большая доля крупной/мелкой фракции). Причины: трещины, сколы, выбоины на рабочей поверхности; попадание посторонних предметов (камней, металлических деталей) в дробилку; перекося оси ротора	25-50	> 20000
Электро-двигатель	Отказы: повышенный шум и нагрев двигателя; двигатель не работает (не включается); вал не вращается. Причины: замыкание обмоток; срезание шпонки; износ ПК в крышках; неправильное подключение к питающей сети; попадание посторонних предметов в отверстие нижней крышки	20-25	> 200000
Молоток	Отказ: неравномерный и катастрофический износ; износ выше предельного состояния. Причины: взаимодействие молотка с измельчаемым материалом и/или посторонними предметами; низкие механические свойства материала детали	100	< 200

Следующую группу отказов объединяет другая близкая наработка, при которой они наступают (15-25000 т), это отказы подшипниковой опоры и вала, гибкой муфты и деки, однако частота их появления различна. Отказы деки (сколы и выбоины), подшипниковой опоры и вала произошли у половины всех исследованных дробилок, а гибкой муфты только у одного

аппарата (у того же, у которого произошел отказ электродвигателя).

Наконец, самыми частыми отказами, которые могут наблюдаться уже через несколько смен работы ДМ (< 200 т), и которые отмечены при эксплуатации всех исследованных нами машин, являются неравномерный износ молот-

ков дробилки и их износ выше предельного состояния (8-10 мас. %) [16, 17].

Проведенная систематизация отказов ДМ-3,5, их объединение в группы (по величине близкой наработки, сложности устранения) и анализ вероятных причин их появления позволили разработать план-график и содержание сервисных мероприятий для этих машин в рамках хорошо известной и доказавшей свою эффективность планово-предупредительной стратегии ТОиР, в сочетании с ТОиР «по потребности», при технической диагностике (выявлении) признаков развивающихся неисправностей (дефектов).

Тогда типовой план-график сервисных мероприятий для ДМ-3,5 должен включать в себя, помимо ежесменного ТО (ЕТО), рекомендации по содержанию которого уже были даны ранее разработчиками аппарата эксплуатантам, также и ТО-1, осуществляемое через каждые 200 т наработки; ТО-2, осуществляемое через каждые 150000 т наработки; ТО-3, осуществляемое через каждые 120000 т наработки. Рекомендуемое содержание операций, данных номерных ТО, приведено в таблице 2.

Таблица 2

**Содержание операций номерных ТО для дробилки ДМ-3,5**

Техническое обслуживание	Периодичность (срок, наработка), т	Содержание операций ТО
ТО-1	200	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Демонтаж крышки корпуса, продувка и мех. очистка деталей.</li> <li>2. Визуальный осмотр молотков секций на предмет повреждений (сколов, трещин).</li> <li>3. Измерение линейного износа молотков без их снятия (по шаблону или штангенциркулем).</li> <li>4. Маркирование поврежденных и изношенных молотков одним цветом, а аналогичных молотков противоположных секций – другим.</li> <li>5. Демонтаж ротора (в сборе).</li> <li>6. Выборочный демонтаж с ротора и разборка секций с маркированными молотками (цветными парами), включающий: а) разворот изношенных молотков на 180° (цветными парами), контроль и подгонка пар по весу; б) снятие и замена изношенных (выше предельного состояния) молотков новыми (цветными парами) из одной весовой группы (<math>\pm 2</math> г).</li> <li>8. Сборка секций и их установка на ротор.</li> <li>9. Контроль и балансировка ротора.</li> <li>10. Установка ротора, сборка и контроль дробилки</li> </ol>
ТО-2	15 000	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подразборка аппарата (снятие крышки, демонтаж ротора в сборе, демонтаж подшипниковой опоры в сборе с валом, демонтаж гибкой муфты в сборе).</li> <li>2. Внешний осмотр и диагностика состояния демонтированных узлов дробилки, осмотр деки (диагностика ротора и молотков – см. ТО-1).</li> <li>3. Разборка снятых узлов, дефектовка деталей (дефектовка молотков – см. ТО-1).</li> <li>4. Замена и/или восстановление изношенных деталей.</li> <li>5. Сборка и контроль отремонтированных (обслуженных) узлов (контроль ротора – см. ТО-1), сборка и контроль дробилки</li> </ol>
ТО-3	120 000	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Полная разборка аппарата.</li> <li>2. Внешний осмотр, диагностика состояния демонтированных узлов, дефектовка деталей (см. ТО-1, ТО-2).</li> <li>3. Замена и/или ремонт неисправных узлов, изношенных деталей (см. ТО-1, ТО-2).</li> <li>4. Компоновка, сборка, контроль отремонтированных узлов, сборка и контроль дробилки</li> </ol>

При достижении наработки для проведения операций ТО-2 условной дробилки на исследуемой машине необходимо будет провести до 75 процедур ТО-1, что, конечно же, много. Для обычной интенсивности эксплуатации дробилки ДМ-3,5, когда это аппарат используется в хозяйствах края не более 3-4 ч в смену, процедура ТО-1 должна будет осуществляться для него не менее 2 раза в месяц.

Учитывая количество, содержание операций данного ТО, высокую трудоемкость и неудобство контроля износа молотков (несмотря на обнаруженную нами ранее корреляцию весового и более легко контролируемого – линейного износа [17], а также объективные причины износа молотков (табл. 1), для увеличения межремонтного интервала и уменьшения трудоемкости сервисного обслуживания объективно требуется кратное повышение износостойкости молотков дробилки.

Кроме того, при совместном анализе данных таблицы 1 и записей журналов ТОиР отмечено, что во многих случаях наступлению отказов второй и третьей групп предшествовал повышенный износ молотков (отказ первой группы), при неустранении которого последовательно наблюдались увеличивающаяся вибрация ротора, его разбалансировка, а затем отказы подшипниковой опоры, муфты или ротора, что свидетельствует о причинно-следственной связи этих процессов.

При эксплуатации кормоприготовительных агрегатов «Алтай» в хозяйствах края установлено, что износ молотков в дробилках типа ДМ-3, наступает уже после приготовления ими < 200 т кормовых смесей. Износ неупрочненных молотков достигает 7,82%, что близко к предельному значению и наблюдается уже при наработке в 135 т приготавливаемой кормосмеси. Такая наработка при 8-часовой смене может быть достигнута уже через 5-6 смен. Действительно, смена неупрочненных молотков на дробилке в хозяйстве производилась каждую неделю, что вместе с балансировкой ротора дробилки составляет до 1,5-2 чел/ч трудоемкости.

При небольших неравномерных износах молотков кормодробилки наблюдается дисбаланс ротора, приводящий к разрушению опорных подшипников, приводной муфты, а при больших износах дробление вовсе прекращается, так как

увеличивается зазор между краем молотков и декой [16].

В то же время молотки, упрочненные новым экономнолегированным наплавочным материалом системы Fe-Si-Cr-C, а также выбор другой высокопрочной износостойкой стали для молотков 1-й секции позволят увеличить долговечность рабочих органов (молотков) в 5,3 раза.

Таким образом, проведенные исследования позволили не только разработать план-график сервисного обслуживания, содержание и операции номерных ТО, но и увеличить межремонтный интервал, а также сократить количество ТО-1 условной дробилки ДМ-3,5 с 75 до 14 раз.

### Выводы

1. Изучение и систематизация отказов дробилок ДМ-3,5, в сочетании с анализом вероятных причин их появления, позволили разработать план-график и содержание сервисных мероприятий для этих машин в рамках планово-предупредительной стратегии ТОиР.

2. Проведение в срок сервисных мероприятий номерных ТО дробилки ДМ-3,5, особенно ТО-1, позволяет увеличить срок службы отдельных узлов и агрегатов машины, а также повысить общую надежность агрегата, предупреждая наступление сложных отказов.

3. Для увеличения межремонтного интервала необходимо повышать износостойкость молотков 1-й секции путем их упрочнения или изготовления из более износостойкой стали, что позволит увеличить межремонтный интервал машины по отказам первой группы сложности и увеличить наработку на отказ в 5,3 раза.

### Библиографический список

1. Петрова, М. В. Современное состояние и перспективы развития сельского хозяйства в Алтайском крае / М. В. Петрова. – Текст: непосредственный // Современные проблемы финансового регулирования и учета в агропромышленном комплексе: сборник материалов III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, Курган, 14 марта 2019 г. – Курган, 2019. – С. 44-47.

2. Основные тенденции и факторы пространственного развития АПК России в ретро-



спективе (на примере рынков мяса, молока и зерна) / М. Ю. Ксенофонтов, Д. А. Ползиков, Я. С. Мельникова, Ю. С. Вербицкий. – Текст: непосредственный // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. – 2019. – С. 143-173.

3. Экономические проблемы мясной отрасли АПК Российской Федерации / А. Б. Лисицын, Н. Ф. Небурчилова, И. П. Волынская, И. В. Петрунина / под общей редакцией академика РАСХН А. Б. Лисицына. – Москва: ООО «Адвансед Солюшнз». – 2013. – 366 с.

4. Косолапов, В. М. Повышение качества кормов – неперемное условие успешного развития животноводства / В. М. Косолапов. – Текст: непосредственный // Аграрная наука. – 2008. – № 1. – С. 27-29.

5. Глобин А. Н. Качество кормов как основа повышения продуктивности животных / А. Н. Глобин, С. К. Оганесян. – Текст: электронный // Современная техника и технологии. – 2016. – № 3. – URL: <https://technology.snauka.ru/2016/03/8422>.

6. Кулаковский, И. В. Машины и оборудование для приготовления кормов: справочник / И. В. Кулаковский, Ф. С. Кирпичников, Е. И. Резник. – Москва: Россельхозиздат, 1987. – Ч. 1. – 285 с. – Текст: непосредственный.

7. Клушанцев, Б. В. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации / Б. В. Клушанцев. – Москва: Машиностроение, 1990. – 320 с. – Текст: непосредственный.

8. Исследование взаимодействия частиц с рабочими органами молотковой дробилки / Н. Ф. Баранов, В. Г. Фарафонов [и др.]. – Текст: непосредственный // Пермский аграрный вестник. – 2018. – № 3 (23). – С. 4-10.

9. Патент № 22116721 RU. Дробилка зерна: № 96115708/13: заявл. 29.07.1996: опубл. 10.08.1998 / Желтунов М. Г., Демин В. А., Стрижов В. М.; заявитель и патентообладатель Желтунов М. Г. – 5 с.: ил. – Текст: непосредственный.

10. Bepoldenov, R. Fedorenko, I., Zemlyanukhina, T., Shevtsova, L., Polkovnikova, M., Ishkov, A. (2023). Mechanical and physical aspects of the theory of interaction between a crusher hammer and an air-grain layer. *Journal of Physics: Conference Series*. 2573. 012011. DOI: 10.1088/1742-6596/2573/1/012011.

11. Соловьев, А. Н. Взаимодействие молотка кормодробилки с зерном и износ его рабочей поверхности / А. Н. Соловьев, О. Н. Моисеев. – Текст: непосредственный // Механизация электрификации сельского хозяйства. – 2001. – № 11. – С. 19-21.

12. Коняева, Н. И. Основные причины выхода из строя сельскохозяйственной техники / Н. И. Коняева, Н. В. Коняев. – Текст: непосредственный // Современные материалы, техника и технологии. – 2022. – № 6 (45). – С. 131-138.

13. Триботехника, надежность и работоспособность технических систем. Ч. 1. Трение и изнашивание: учебное пособие / В. В. Иванайский, А. В. Ишков [и др.]. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2016. – 70 с. – Текст: непосредственный.

14. Головин, В. А. Эффективность использования рационов с различным содержанием крахмала и сахаров в кормлении коров / В. А. Головин. – Текст: непосредственный // Техника и технологии в животноводстве. – 2019. – № 2 (34). – С. 47-51.

15. Исследование и моделирование взаимодействия молотков вертикальной дробилки с воздушно-зерновым слоем / Р. В. Бесполденнов, И. Я. Федоренко, Т. Н. Землянухина [и др.]. – DOI 10.53083/1996-4277-2023-222-4-92-98. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 4 (222). – С. 92-98.

16. Полковникова, М. В. Комплексный подход к увеличению ресурса дробилок ДМ-3 кормоприготовительных комплексов «Алтай» / М. В. Полковникова, А. В. Ишков, В. В. Иванайский. – Текст: непосредственный // Аграрная наука – сельскому хозяйству: в 2 книгах: сборник материалов / XX Международная (заочная) научно-практическая конференция, Барнаул, 6 февраля 2025 г. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2025. – Кн. 1. – С. 136-138.

17. Разработка и исследование нового материала для упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин индукционной наплавкой / В. Ф. Аулов, В. В. Иванайский, А. В. Ишков [и др.]. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 6 (200). – С. 106-111.

18. Розенбаум, А. Б. Повышение надежности молотков кормодробилок / А. Б. Розенбаум,

Б. М. Меркулов, М. М. Тенденбаум. – Текст: непосредственный // Повышение надежности и долговечности сельскохозяйственных машин: сборник материалов 2-й Всесоюзной научно-технической конференции. – Москва, 1968. – С. 408-414.

19. Виноградов, В. Н. изнашивание при ударе / В. Н. Виноградов, Г. М. Сорокин, А. Ю. Албагачиев. – Москва: Машиностроение, 1982. – 192 с.; ил. – Текст: непосредственный.

20. Сыроватка, В. И. Механизация приготовления кормов: справочник / под общей редакцией В. И. Сыроватка. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 368 с., ил. – Текст: непосредственный.

### References

1. Petrova, M.V. Sovremennoe sostoianie i perspektivy razvitiia selskogo khoziaistva v Altaiskom krae / M.V. Petrova // Sovremennye problemy finansovogo regulirovaniia i ucheta v agropromyshlennom komplekse. Sbornik statei po materialam III Vserossiiskoi (natsionalnoi) nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. – Kurgan, 2019. – S. 44-47.

2. Ksenofontov M.Iu., Polzikov D.A., Melnikova I.A.S., Verbitskii Iu.S. Osnovnye tendentsii i faktory prostranstvennogo razvitiia APK Rossii v retrospektive (na primere rynkov miasa, moloka i zerna) // Nauchnye trudy: Institut narodnokhoziaistvennogo prognozirovaniia RAN. – 2019. – S. 143–173.

3. Lisitsyn, A.B. Ekonomicheskie problemy miasnoi otrasli APK Rossiiskoi Federatsii / A.B. Lisitsyn, N.F. Neburchilova, I.P. Volynskaia, I.V. Petrunina / pod obshch. red. akademika RASKhN A.B. Lisitsyna – Moskva: OOO «AdvancedSoliushnz», 2013. – 366 s.

4. Kosolapov V.M. Povyshenie kachestva kormov – nepremennoe uslovie uspeshnogo razvitiia zhivotnovodstva // Agrarnaia nauka. – 2008. – No. 1. – S. 27-29.

5. Globin A.N., Oganessian S.K. Kachestvo kormov kak osnova povysheniia produktivnosti zhivotnykh // Sovremennaiia tekhnika i tekhnologii. – 2016. – No. 3.

6. Kulakovskii I.V., Kirpichnikov F.S., Reznik E.I. Mashiny i oborudovanie dlia prigotovleniia kormov: spravochnik. – Moskva: Rossselkhozizdat, 1987. – Ch. 1. – 285 s.

7. Klushantsev, B.V. Konstruktsiia, raschet, osobennosti ekspluatatsii. – Moskva: Mashinostroenie, 1990. – 320 s.

8. Issledovanie vzaimodeistviia chastits s rabochimi organami molotkovoi drobilki / N.F. Baranov, V.G. Farafonov [i dr.] // Permskii agrarnyi vestnik. – 2018. – No. 3 (23). – S. 4-10.

9. Patent No. 22116721 RU. Drobilka zerna / Zheltunov M.G., Demin V.A., Strizhov V.M.

10. Bepoldenov, R. Fedorenko, I., Zemlyanukhina, T., Shevtsova, L., Polkovnikova, M., Ishkov, A. (2023). Mechanical and physical aspects of the theory of interaction between a crusher hammer and an air-grain layer. *Journal of Physics: Conference Series*. 2573. 012011. DOI: 10.1088/1742-6596/2573/1/012011.

11. Solovev, A.N. Vzaimodeistvie molotka kormodroibilki s zernom i iznos ego rabochei poverkhnosti / A.N. Solovev, O.N. Moiseev // Mekhanizatsiia elektrifikatsiia selskogo khoziaistva. – 2001. – No. 11. – S. 19-21.

12. Koniaeva, N.I. Osnovnye prichiny vykhoda iz stroia selskokhoziaistvennoi tekhniki / N.I. Koniaeva, N.V. Koniaev // Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologii. – 2022. – No. 6 (45). – S. 131-138.

13. Ivanaiskii, V.V., A.V. Ishkov i dr. Tribotekhnika, nadezhnost i rabotosposobnost tekhnicheskikh sistem. Ch. 1. Trenie i iznashivanie: uchebnoe posobie. – Barnaul: RIO Altaiskogo GAU, 2016. – 70 s.

14. Golovin, V.A. Effektivnost ispolzovaniia ratsionov s razlichnym sodержaniem krakhmala i sakharov v kormlenii korov / V.A. Golovin // Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve. – 2019. – No. 2 (34). – S. 47-51.

15. Bepoldenov, R.V. Issledovanie i modelirovanie vzaimodeistviia molotkov vertikalnoi drobilki s vozdušno-zernovym sloem / Bepoldenov R.V., Fedorenko I.Ia, Zemlianukhina T.N., Polkovnikova M.V., Ishkov A.V. // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – No. 4 (222). – S. 92-98.

16. Polkovnikova, M.V. Kompleksnyi podkhod k uvelicheniiu resursa drobilok DM-3 kormoprigotovitelnykh kompleksov «Altai» / M.V. Polkovnikova, A.V. Ishkov, V.V. Ivanaiskii // Agrarnaia nauka – selskomu khoziaistvu: sbornik materialov: v 2 kn. / XX Mezhdunarodnaia (zaochnaia) nauchno-prakticheskaiia konferentsiia, Barnaul, 6 fevralia

2025 г. – Barnaul: RIO Altaiskogo GAU, 2025. – Kn. 1. – S. 136-138.

17. Aulov V.F. Razrabotka i issledovanie novogo materiala dlia uprochneniia rabochikh organov selskokhoziaistvennykh mashin induktsionnoi naplavkoi / V.F. Aulov, V.V. Ivanaiskii, A.V. Ishkov [i dr.] // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – No. 6 (200). – S. 106-111.

18. Rozenbaum A.B., Merkulov B.M., Tendenbaum M.M. Povysenie nadezhnosti molotkov

kormodrobilok. Povysenie nadezhnosti i dolgovechnosti selskokhoziaistvennykh mashin: materialy 2-i Vsesoiuznoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii. – Moskva, 1968. – S. 408–414.

19. Vinogradov, V.N. Iznashivanie pri udare / V.N. Vinogradov, G.M. Sorokin, A.Iu. Albagachiev. – Moskva: Mashinostroenie, 1982. – 192 s.; il.

20. Syrovatka, V.I. Mekhanizatsiia prigotovleniia kormov: spravochnik / pod obshch. red. V.I. Syrovatka. – Moskva: Agropromizdat, 1985. – 368 s., il.



УДК 631.3.004.6:636

DOI: 10.53083/1996-4277-2025-248-6-81-89

С.Ю. Журавлев  
S.Yu. Zhuravlev

## СПЕЦИФИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

### PARTICULARITIES OF TECHNICAL SERVICE OF MODERN MEANS OF ANIMAL HUSBANDRY MECHANIZATION

**Ключевые слова:** средства механизации животноводства, технологический процесс, технический сервис, работоспособность, эффективность.

Приведен анализ результатов исследований по совершенствованию производственно-технологической деятельности инженерно-технических служб в области совершенствования организации и технологии технического сервиса (ТС) оборудования животноводческих ферм и комплексов сельскохозяйственных предприятий. Объектом исследований является современное состояние материально-технической базы ТС оборудования механизации животноводства, а также пути её модернизации. Материалы исследований – публикации научно-технических работников, представителей производственной сферы по проблеме совершенствования методов и форм осуществления ТС современных машин и оборудования отрасли животноводства. Механизация технологических процессов в сфере животноводства приводит к использованию более современных и производительных машин и оборудования, увеличению объемов механизированных работ при производстве продукции животноводства и, следовательно, к увеличению интенсивности использования техники. Высокий уровень механизации предполагает наличие материально-технической базы для осуществления технического обслуживания, ремонта и диагностики машин. Восстановление и модернизация такой важнейшей отрасли сельскохозяйственного производства, как животноводство, должны опираться на разработку, производство и внедрение в АПК современных, высокотехнологич-

ных машин, а также на реконструкцию материально-технической базы ТС этой сложной в эксплуатации техники. Созданные на основе применения новейших технологий производства и технического сервиса средства механизации животноводства будут соответствовать современным требованиям к показателям надёжности данного сложного в применении и обслуживании оборудования. Организация ТС в сфере животноводства, соответствующая современным требованиям и технологиям, позволит ИТР сервисных предприятий и предприятий АПК своевременно и качественно проводить все установленные в документации операции по обслуживанию и ремонту машин и оборудования животноводческих комплексов, что значительно уменьшит число простоев за счёт снижения количества внезапных отказов различных групп сложности.

**Keywords:** means of animal husbandry mechanization, technological process, technical service, operational capability, efficiency.

This paper discusses the research findings on improving the production and technological activities of engineering and technical services in the field of improving the organization and technology of technical service of equipment of livestock farms and complexes. The research target is the current state of the material and technical base of technical service of livestock mechanization equipment and the ways to modernize it. The research materials include the publications of scientific and technical workers involved in the production sector on the