

С.А. ЛУЗАН, канд. техн. наук, ХНАДУ (г. Харьков)

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ КОНЦЕПЦИИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ

Науково обґрунтована концепція відновленого ремонту транспортної техніки. На основі логістичного підходу запропонована структура концепції. Обґрунтована доцільність застосування сучасних технологій відновлення, до яких відносяться способи газотермічного напильовання, які дозволяють не тільки відновити технічний стан деталей до рівня нових, але й підвищити їхній ресурс.

Scientifically is motivated concept of the reconstruction repair of the transport technics. On base logical approach is offered structure to concepts. Motivated practicability using modern technology of the reconstruction, to which pertain the ways an gas thermal evaporation, which allow not only to restore the technical condition of the details before level new, but also raise their resource.

Постановка проблемы. Практика эксплуатации машин и оборудования подтверждает, что наиболее распространенной причиной их выхода из строя в 80 случаях из 100 является не поломка, а износ и повреждение рабочих поверхностей [1-4].

Развитие конструкций машин происходит при постоянном стремлении к увеличению их производительности, что почти всегда сопровождается повышением механической и тепловой напряженности подвижных сопряжений деталей [1]. При этом ставятся задачи достижения высокой надежности и долговечности машины, снижения ее массы, сокращения расхода дефицитных материалов. Известно, что повышение долговечности машины даже в небольшой степени ведет к значительной экономии металла, уменьшению затрат на производство запасных деталей; сокращается число и объем ремонтов, а следовательно, увеличивается количество фактически работающих машин [1].

Поскольку при конструировании машин учитываются и экономические факторы производства и эксплуатации, конструктору необходимо проводить перспективный прогноз длительности использования данной машины с учетом продолжительности эксплуатации машин предшествующих моделей. В ряде случаев этот срок составляет 25 лет, а иногда и более, например, для автомобилей, тракторов, транспортных самолетов, металлообрабатывающих станков [5]. При выборе конструктивного решения необходимо учитывать предстоящие затраты не только на изготовление машины и ее отдельных узлов, но и на обслуживание и ремонт. Последние затраты при длительной эксплуатации машины во много раз больше стоимости ее изготовления. Поэтому при разработке технологии восстановительного ремонта деталей транспортной техники важно уметь управлять качеством восстанавливаемых поверхностей деталей, т.е. обеспечивать их заданные свойства

(износостойкость, коррозионностойкость, пористость, прочность сцепления с основной и др.).

Обзор последних публикаций. В целом современное ремонтное предприятие по уровню организации и техническому оснащению ещё не в полной мере отвечает требованиям, которые позволяют обеспечить требуемые показатели качества ремонта деталей двигателей. Показатель безотказности и ресурса капитально отремонтированных двигателей составляет 50-60% от соответствующих значений новых.

Анализ причин отказов машин, проведенный в работах [6-10] показал, что наиболее часто встречающимся ресурсным отказом является выход по причине износа и разрушения деталей пары трения шейка коленчатого вала – вкладыш подшипника скольжения [11].

Анализ динамики изменения зазоров в трибосистемах двигателей транспортных средств также показал, что наиболее интенсивный характер увеличения зазора наряду с цилиндропоршневой группой (ЦПГ) имеет сопряжение кривошипно-шатунного механизма (КМШ), то есть шейка коленчатого вала – вкладыш подшипника скольжения.

В работах [12-15] представлены результаты исследования технического состояния двигателей ЯМЗ-238НБ и ЯМЗ-240 в доремонтном и межремонтном периоде эксплуатации. Сравнение параметров износов деталей в межремонтный и доремонтный период свидетельствует о более интенсивном изменении технического состояния после ремонта. Отношение скоростей изнашивания деталей, определяющих ресурс, составляет 1,28-1,32.

Одной из основных причин преждевременного выхода из строя деталей двигателей после капитального ремонта является качество восстановленных деталей, которое определяется применяемой технологии ремонта и правильностью выбора способа восстановления и упрочнения изношенных поверхностей детали.

Наряду с проблемой повышения ресурса пары шейка коленчатого вала – вкладыш подшипника скольжения также большое значение имеет снижение потерь мощности на преодоление трения в самой паре, поскольку при эксплуатации двигателя часть мощности затрачивается на внутренние (механические) потери. В данном сопряжении теряется 16-19% мощности двигателя [16].

Известно, что на поддержание работоспособности тракторов за срок их службы затрачивается средств в 3 – 4 раза больше, чем на их изготовление. При этом 60-80% этих средств расходуется на устранение отказов и неисправностей [17].

До 1990 года Украина ежегодно приобретала около 52 тысяч тракторов и парк тракторов составлял 495 тысяч машин [18]. В связи со спадом производства уже 2005 году в сельскохозяйственных предприятиях Украины было 194,92 тысячи тракторов всех марок. Таким образом за 15 лет выпуск тракторов сократился больше чем в 30 раз, а 2009 году более чем в 100 раз. Процент использования производственных мощностей тракторных заводов

также снизился с 93% в 1985 году до 5,2% в 1997 году. А в 2009 году производственные мощности предприятий были загружены до 2% [18]. В связи с этим в настоящее время в эксплуатации удельный вес тракторов выпущенных до 1985 года достигает 25%, выпущенных в 1986-1990 годах – 42%. Больше половины тракторов, которые имеются в наличии, были выпущены около 20 лет назад.

Так, например, количество тракторов марки «ЮМЗ», которые находятся в хозяйствах Украины составляет около 50 тысяч штук. Из них больше половины требует капитального ремонта. И если не предпринять соответствующие меры, то к 2015 году они останутся в единичных экземплярах в хозяйствах Украины. Несколько лучше ситуация с тракторами «ХТЗ», однако за 8 месяцев 2009 года хозяйствами Украины было приобретено всего 150 штук этих тракторов [18]. Учитывая сложившуюся экономическую ситуацию нужны новые системные подходы к увеличению ресурса машин путем восстановления деталей определяющих их ресурс.

В монографии [17] на основе анализа влияния ряда факторов: нагрузки, частоты вращения, степени загрязнения смазочной среды, конструктивных особенностей узлов, сопряжений) на интенсивность изнашивания и динамику накопления усталостных повреждений, а также с учётом накопленного опыта повышения работоспособности деталей и узлов на Харьковском тракторном заводе была определена номенклатура деталей шасси колесных тракторов типа Т-150К требующих повышения долговечности. Номенклатура содержит 36 деталей. Преобладающие виды повреждений: износ – 33 детали, питтинг зубьев – 2 детали, спекание втулки с валом – 1 деталь. Если проанализировать выбранные возможные пути повышения долговечности, то на долю упрочняющих технологий приходится 9 деталей (плазменное напыление – 3 дет., химико-термическое упрочнение – 3 дет., лазерное упрочнение – 3 дет.), что составляет более 27%, а среди них плазменное напыление и лазерное упрочнение занимают объем 67%.

На основе вышеизложенного следует, что проблема разработки концепции восстановительного ремонта транспортной техники, обеспечивающей повышение качества восстанавливаемых деталей газотермическими методами актуальна.

Целью работы является разработка концепции восстановительного ремонта транспортной техники с применением логистического подхода.

Основная часть работы. Концепция восстановительного ремонта транспортной техники должна учитывать весь её жизненный цикл.

Жизненный цикл – временной интервал с момента возникновения объекта до его полного исключения из использования (утилизации), состоит из четырех стадий [25]:

- выдвижение концепции и определений;
- проектирования и разработки;
- изготовления и установки;

- эксплуатации, обслуживания и ремонта.

Кроме этого, концепция должна учитывать множество воздействующих факторов, обусловленных условиями эксплуатации изделий, типами изнашивающихся сопряжений и видами износов, а также технологическими возможностями ремонтных предприятий. Поэтому концепция должна отражать комплексный системный подход к решению проблемы ремонта путем восстановления деталей. Такой подход требует применения логистических принципов организации производства и оптимизации, методов теории принятия решений, моделирования.

Логистика – наука о планировании, организации, управлении и контроле движения материальных и информационных потоков в пространстве и во времени от их первичного источника до конечного потребителя [19].

Современная концепция логистического управления рассматривает все виды материальных и информационных потоков как единое целое [20, 21]. Уникальность логистических подходов состоит в интеграции этих потоков, которые могут быть взаимосвязаны на различных этапах стадий жизненного цикла изделия. Основными принципами логистики являются: системность, комплексность, научность, конкретность, конструктивность, надежность, вариантность, интегративность, гибкость, целостность, превентивность и эффективность.

При традиционной системе управления имеет место тенденция к минимизации затрат $\min C$ в каждом звене материального потока, а при логистическом управлении - оптимальность затрат C^{opt} на всех стадиях жизненного цикла изделия.

Тогда общие затраты $L(C)$ будут составлять [21]:

а) традиционный подход

$$L(C) = \min C_{ВКО} + \min C_{ПП} + \min C_{ИУ} + \min C_{ЭОР}, \quad (1)$$

где $C_{ВКО}$ – затраты на стадии выдвигания концепции и определений; $C_{ПП}$ – затраты на стадии проектирования и разработки; $C_{ИУ}$ – затраты на стадии изготовления и установки; $C_{ЭОР}$ – затраты на стадии эксплуатации, обслуживания и ремонта;

б) логистический подход

$$L(C) = \min(C_{ВКО}^{onn} + C_{ПП}^{onn} + C_{ИУ}^{onn} + C_{ЭОР}^{onn}). \quad (2)$$

В случае ремонта уже прошло три первых стадии жизненного цикла изделия. Поэтому логистический подход в области ремонтного производства должен осуществляться с учетом оставшегося звена материального потока:

$$L(C) = \min C_{ЭОР}^{onn} = \min(C_{Э}^{onn} + C_{O}^{onn} + C_{P}^{onn}) \quad (3)$$

где $C_{Э}^{onn}$ - оптимальные затраты на эксплуатацию; C_{O}^{onn} - оптимальные затраты на обслуживании; C_{P}^{onn} - оптимальные затраты на ремонт.

Единой целью логистического управления является достижение высокого качества восстановления деталей при минимизации общих затрат, связанных с движением материальных потоков в процессе эксплуатации, обслуживания и ремонта.

Таким образом, логистическое управление ремонтным производством обусловлено системной оптимизацией.

Системный подход к ремонту деталей транспортной техники должен учитывать все стадии жизненного цикла изделия для достижения главной цели – получение восстановленной поверхности детали заданного качества (прочность сцепления покрытия с основой, износостойкость, пористость, уровень остаточных напряжений и др.). Стратегия логистической системы, обеспечивающей достижение главной цели состоит из частных целей её элементов. Таким образом, логистический подход к разработке концепции восстановительного ремонта транспортной техники должен содержать следующую структуру:

- формулирование главной цели ремонта;
- определение частных целей;
- определение способов достижения поставленных целей путем определения взаимного влияния выбранных факторов, моделированием процессов, связанных с движением элементов различных потоков в производстве и эксплуатации;
- выбор интегрируемых технологий, обеспечивающих достижение заданного качества поверхности детали, применяя методологию направленного выбора;
- согласование целей и затрачиваемых средств путем использования методологии управления качеством напыленных покрытий на стадии ремонта изделий, позволяющей более экономично решить проблему восстановления их работоспособности;
- анализ и оценка полученных результатов;
- принятие решения.

Для реализации концепции восстановительного ремонта транспортной техники в производстве требуется разработка технологических процессов по восстановлению деталей, которую целесообразно выполнять на основе моделирования.

Моделирование позволяет осуществить с минимумом затрат средств на получение информации по эксплуатации изделий на основе проведения исследований по разработке вариантов технологии восстановления деталей и оценить их эффективность. Структура и состав технологических процессов восстановительного ремонта определяются характером повреждений, материалом деталей, предшествующим способом упрочняющей обработки. Поэтому целесообразно разрабатывать модели технологий восстановления для деталей одного типа, например детали типа вал, и вида дефектов. На основе этой модели возможно разработать модель технологии ремонта конкретной детали восстановлением с учетом её данных.

Модель технологии восстановления для деталей одного типа может быть оформлена в виде технологической инструкции, содержащей структурно-технологические схемы процессов, перечня применяемых материалов, схемы технологической оснастки и методики определения расчетных показателей.

Применение в логистическом управлении формализованных методов моделирования даёт возможность получения количественных оценок, позволяющих уменьшить или полностью отказаться от применения экспертных оценок квалифицированных специалистов.

Проведение всестороннего анализа модели технологии ремонта восстановлением деталей транспортной техники, оценка возможных вариантов ремонта и выбор наилучшего при наличии многих критериев возможны на основе использования теории принятия решений. Теория принятия решений представляет собой совокупность методов, которые позволяют всесторонне анализировать проблемы принятия решений. Цель этой теории заключается в совершенствовании, в научном обосновании принятия решений, что является особенно важным в условиях постепенного роста экономических, организационных, технических требований к ремонтному производству [22].

В зависимости от типа поставленных задач в теории принятия решений существуют различные методы их решения. В нашем случае разработку концепции восстановительного ремонта транспортной техники возможно представить в виде детерминированной многокритериальной задачи выбора [23]:

$$\langle C, \Omega, K, E_m, Y, C \rangle,$$

где C - цель задачи (найти оптимальный вариант, упорядочить множество допустимых альтернатив и пр.);

Ω - исходное множество альтернатив;

K - множество критериев;

E_m - критериальное пространство;

Y - отображение альтернатив в критериальном пространстве;

C - функция выбора.

Наиболее важной и сложной проблемой в решении задачи выбора является нахождение функцией выбора C , выражающей принцип оптимальности. В многокритериальных задачах выбора при наличии противоположных тенденций, как это имеет место в нашем случае, когда невозможно максимизировать одновременно несколько целевых функций, необходима структуризация предпочтений. Для этого возможно воспользоваться функцией ценности V [24].

Для определения функции ценности необходимым условием является формализация целей, построение их иерархии. Детализация главной цели, определение задач технологии восстановления позволяет построить иерархическую систему модели концепции восстановительного ремонта и дойти до нижнего уровня, элементы которого рассматриваются как средства

достижения более высоко расположенных целей. Учитывая, что критерии выбора независимы по предпочтению, функцию ценности можно представить в аддитивной форме для иерархических отношений любого уровня:

$$V(X_1, X_2, \dots, X_n) = \sum_{i=1}^n (X_i) \quad (4)$$

где X_i - критерий выбора.

Эта функция может быть использована несколько раз применительно к различным уровням иерархической модели стратегии ремонта, а также при структуризации одной и той же функции выбора.

Структуризация задачи выбора концепции восстановительного ремонта транспортной техники позволяет произвести анализ окончательных оценок и принять решение о выборе способа восстановления деталей.

Необходимо отметить, что одновременно с повышением качества восстановленных деталей машин разработка научно обоснованной концепции восстановительного ремонта транспортной техники решает проблему энерго-ресурсосбережения. Старение отечественного парка транспортной техники и существующие экономические трудности его обновления вызывают неуклонный рост объемов ремонта и потребности в запасных частях. Расходы материальных, трудовых и экономических ресурсов, связанные с поддержанием необходимого технического состояния транспортной техники, находящейся в эксплуатации, постоянно возрастают.

Применение современных технологий восстановления, к которым относятся способы газотермического напыления, позволяют не только восстановить техническое состояние деталей до уровня новых, но и повысить их ресурс.

Восстановление деталей транспортной техники с применением способов газотермического напыления и усовершенствованных за счет интегрирования с другими технологиями значительно сокращает простои машин при эксплуатации, увеличивает межремонтные сроки эксплуатации, уменьшает расход запасных деталей, что в свою очередь значительно уменьшает расход материальных, трудовых ресурсов на их изготовление и обслуживание в процессе эксплуатации. Таким образом, в результате такого восстановительного ремонта деталей машин достигается косвенная экономия ресурсов, которая реализуется на четвертом этапе жизненного цикла транспортной техники, т.е. при ее эксплуатации, обслуживании и ремонте.

Ресурсосберегающие технологии восстановления деталей с логистических позиций ведут к минимизации суммарных издержек на всех этапах жизненного цикла изделия, т.е. к прямой и косвенной экономии энерго-ресурсопотребления.

Выводы. На основе логистического подхода предложена структура концепции восстановительного ремонта транспортной техники.

Применение в логистическом управлении формализованных методов моделирования даёт возможность получения количественных оценок, позволяющих уменьшить или полностью отказаться от применения экспертных оценок квалифицированных специалистов.

Для реализации концепции восстановительного ремонта транспортной техники в производстве разработку технологических процессов целесообразно выполнять на основе моделирования.

Список литературы: 1. *Гаркунов Д.Н.* Триботехника (конструирование, изготовление и эксплуатация машин): Учебник. – М.: “Издательство МСХА”, 2002. – 632 с. 2. *Хебды М., Чичинадзе А.В.* Теоретические основы. Том 1, Справочник по триботехнике в трех томах. М.: Машиностроение, 1989. – 400 с. 3. *Чичинадзе А.В.* Основы трибологии (трение, износ, смазка). – М.: Центр «Наука и техника», 1995. – 284 с. 4. *Чичинадзе А.В.* Не стоит платить за незнание // Инженерная газета. – 1994. – № 28. 5. *Кугель Р.В.* Основные задачи проблемы надежности машин // Вестник машиностроения, 1981, № 11. С. 49-55. 6. *Рабинович А.Ш. и др.* Методические указания по классификации и шифровке отказов тракторов. – М.: ГОСНИТИ, 1976. 7. *Абдула С.Л., Кухтов В.Г., Полянский А.С.* Обеспечение надежности тракторных конструкций при проектировании // Техника в АПК. – 2002. – №7-9. – С. 29-32. 8. *Анилович В.Я., Полянский А.С.* Технично-экономическая оптимизация при обеспечении надежности / Тракторная энергетика в растениеводстве: Сб. науч. тр. – Х.: ХГТУСХ, 2001. – С. 10-20. 9. *Гринченко А.С.* Оценка и прогнозирование показателей надежности в случае параметрических отказов. – Надежность и контроль качества. – 1991. – №7. – С. 38-43. 10. *Бажинев А.В.* Прогноз и управление в системе ТО и ремонта автомобилей // Вестник ХГАДТУ: Сб. науч. тр. Харьков: ХГАДТУ, 2000, вып. 12-13. – С. 34-37. 11. *Гончаров В.Г.* Повышение ресурса транспортной техники совершенствованием технологии ремонта коленчатых валов: Дис. канд. техн. наук: 05.22.20 Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет – Харьков, 2008, – 183 с. 12. *Авдонькин Ф.Н.* Изменение технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации. – Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1973. – 201 с. 13. *Беляминов В.С., Полянский А.С.* Оптимизация эксплуатационной надёжности системы топливоподачи автотракторных двигателей // Автомобильный транспорт, серия Совершенствование машин для земляных и дорожных работ. Сб. науч. тр. Вып. 11. – 2003. – С. 81-83. 14. *Венцель С.В.* Смазка и долговечность двигателей внутреннего сгорания. – К.: Техника, 1977. – 204 с. 15. *Демко А.* Технічний сервіс в АПК – реальність і потреба // Пропозиція. – 2000. – №5. – С. 85-87. 16. *Белов П.М., Бурычко В.Р., Акатов Е.И.* Двигатели армейских машин. – М.: Военное издательство министерства обороны СССР, 1971. – 370 с. 17. *Кухтов В.Г.* Долговечность деталей шасси колёсных тракторов. – Харьков: ХНАДУ, 2004. – 292 с. 18. *Кривоконь О.Г., Макалей А.А.* Стан тракторобудування в Україні. Проблемні питання подальшого розвитку галузі та шляхи їх регулювання. - Вєсник НТУ «ХПІ». Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Автомобиле- и тракторостроение». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2010. – №1. – С. 3-7. 19. *Логистика: Учебник / Под ред. Б.А. Аникина 3-е изд., перераб. и доп.* - М.: ИНФРА-М, 2006 - 368 с. 20. *Чудаков А.Д.* Логистика: Учебник – М: Издательство РДЛ, 2001 – 480 с. 21. *Новиков О.А., Уваров С.А.* Логистика. - Санкт-Петербург: Издательский дом «Бизнес-пресса», 1999. - 208 с. 22. *Корнев А.Б.* Разработка стратегии ремонта трибосоприкосаний крупногабаритных деталей с применением газотермического напыления в судоремонтном производстве: Дис. канд. техн. наук: 05.08.04 Волжская государственная академия водного транспорта – Нижний Новгород, 2006, - 198 с. 23. *Кини Р.Л., Райфа Х.* Принятие решений при многих критериях предпочтения и замещения. Пер. с англ. / Под ред. Шахнова И.Ф. - М.: Радио и связь, 1981. - 500 с. 24. *Корнев А.Б., Кулик Ю.Г., Фунтикова Е.В.* К вопросу стратегии восстановления деталей газотермическим напылением // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 10. Судостроение и судоремонт. - Н.Новгород: Издательство ФГОУ ВПО ВГАВТ, 2004. С. 166-172. 25. ДСТУ 2863-94 Надежность техники. Программа обеспечения надежности. – Киев: Госстандарт Украины, 1994. – 37 с.

Поступила в редколлегию 29.09.2010