

УДК 629.113-192

**ВЕЛИЧКО АНДРЕЙ ЮРЬЕВИЧ**

**Надежность гидромеханических передач транспортных машин**

6N0713 – Транспорт, транспортная техника и технологии

**Реферат**

диссертации на соискание академической степени  
магистра технических наук по специальности

Республика Казахстан  
Усть-Каменогорск 2010

Работа выполнена в Восточно-Казахстанском государственном техническом университете им. Д. Серикбаева Министерства образования и науки Республики Казахстан (г. Усть-Каменогорск).

Научный руководитель:  
кандидат технических наук Муздыбаев М.С.

Официальные оппоненты:  
Магистр техники и технологии Сембина Ш.К.

Защита состоится «23» июня 2009 года в 9-00 ч. на заседании государственной аттестационной комиссии по специальности 6N0713 «Транспорт, транспортная техника и технологии» при ВКГТУ по адресу: 070004, г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева, 19 ВКГТУ, ауд. ГЛ-203.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВКГТУ по адресу: 070004, г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева 19.

Реферат опубликован на сайте ВКГТУ «22» мая 2010 года.

## Введение

*Актуальность и новизна темы.* В настоящее время предъявляются более высокие требования к качеству и эффективности машиностроительной продукции. Особое внимание уделяется дальнейшему развитию методик обеспечения высокой надежности и конкурентоспособности машин и механизмов. В их числе необходимо отметить развитие исследований, направленных на облегчение условий труда, а также сокращение затрат на поддержание работоспособности машин в эксплуатации.

К наиболее распространенным видам машин, используемым в народном хозяйстве, относятся транспортные машины. В случаях, когда они используются в условиях циклически повторяющихся нагрузочных режимов с высокой амплитудой силовых нагрузок, в их трансмиссиях применяются гидромеханические передачи (ГМП). Это позволяет существенно улучшить условия труда персонала и повысить эффективность машин. Следует отметить, что ГМП – один из самых конструктивно сложных и дорогих агрегатов машины. Ее ремонт технологически сложен, сопряжен с высокими трудозатратами.

Одним из способов повышения эффективности машин является сокращение затрат на поддержание работоспособности ГМП в эксплуатации. Для этого необходимо обеспечить высокий уровень ее эксплуатационной надежности. Существует различные подходы повышения эксплуатационной надежности: повышение ресурса изделия при сохранении качества изготовления изделия, либо повышение качества изделия при сохранении ресурса. Кроме того, возможно комбинировать повышение ресурса с повышением качества изделия. Всё это осуществимо при наличии развитого математического аппарата теории восстановления работоспособности технических систем, необходимого для оптимизации затрат текущего ремонта ГМП.

В данном направлении ранее был выполнен ряд работ. Как правило, в них рассматривалась задача управления надежностью ГМП на основе выявления разновидностей текущего ремонта. Результатом решения подобных задач было сокращение количества ремонтов машин на фоне повышения расхода запасных частей. Основной сложностью в решении выше указанной задачи было определение потребности в ремонтах агрегатов, замен их деталей и узлов, имевших распределения наработок до отказа по двухпараметрическому закону Вейбулла. Для указанного теоретического закона затруднительно аналитически определить значения показателей процессов восстановления работоспособности технических изделий. В связи с этим применялся недостаточно точный графоаналитический метод расчетов либо подбирался другой теоретический закон. На приемлемом уровне данная задача была решена на основе компьютерного моделирования с применением численных методов. Таким образом, повысить уровень надежности ГМП транспортных машин в случаях распределений ресурсов их деталей по закону Вейбулла в настоящее время является возможным.

Дальнейшее развитие исследований в указанном направлении позволило предложить научно-обоснованную методику управления надежностью ГМП транспортных машин на основе моделирования на ЭВМ. Это позволяет оценить безотказность и долговечность деталей и узлов ГМП, сократить затраты на восстановление ее работоспособности, и повысить уровень надежности агрегата в целом.

Настоящая работа посвящена решению указанной технической задачи.

*Целью исследования* является повышение надежности ГМП транспортных машин (автобусов) на основе обоснования рекомендации к разработке технического задания на модернизацию ее наименее надежного элемента.

*Задачи исследования:*

- составить математическую модель оценки показателей надежности технической системы (уровень надежности, минимальные суммарные затраты на обеспечение и поддержание надежности) на основе численных методов их расчета применительно к различным видам процессов восстановления работоспособности их элементов;

- выполнить анализ результатов испытаний на надежность транспортных машин, оснащенных ГМП, и выявить наиболее часто отказывающиеся детали и узлы;

- произвести аппроксимацию распределений наработок наиболее часто отказывающихся деталей до отказа подходящими теоретическими законами;

- определить на основе компьютерного моделирования оптимальные значения повышения показателей долговечности наименее надежного элемента ГМП;

- обосновать рекомендации и разработать техническое задание на модернизацию диска фрикциона как наименее надежного элемента ГМП транспортной машины.

*Практическая ценность работы* заключается в следующем:

- разработаны и переданы для внедрения на АО «Востокмашзавод» конструкторские и технологические решения в виде технического задания на модернизацию диска фрикциона как наименее надежного элемента ГМП. Это позволит снизить затраты на обеспечение и поддержание надежности ГМП на 9,8%.

*Достоверность результатов исследования* и обоснованность положений диссертации обеспечена применением современных методов теории надежности и теории восстановления работоспособности машин на основе системного анализа, а также апробированных современных технологических методов упрочнения деталей машин.

*Основные научные результаты, которые выносятся на защиту:*

- математическая модель оценки показателей надежности технической системы (уровень надежности, минимальные суммарные затраты на обеспечение и поддержание надежности) на основе численных

методов их расчета применительно к различным видам процессов восстановления работоспособности их элементов;

– результаты компьютерного моделирования по определению оптимальных значений повышения показателей долговечности наименее надежного элемента ГМП применительно к двухпараметрическому закону Вейбулла;

– техническое задание на модернизацию диска фрикциона как наименее надежного элемента ГМП транспортной машины.

*Реализация результатов работы.* Конструкторские и технологические решения в виде технического задания на модернизацию диска фрикциона как наименее надежного элемента ГМП переданы к внедрению в АО «Востокмашзавод» (г. Усть-Каменогорск) для отработки технической документации и технологической подготовки производства.

*Апробация работы.* Основные положения диссертации обсуждались на X Республиканской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых преподавателей: «Творчество молодых - инновационному развитию Казахстана» (ВКГТУ, апрель 2010 г.).

*Публикации.* По результатам выполненных исследований опубликована статья в Вестнике ВКГТУ.

*Структура и объем работы.* Диссертация состоит из введения, четырех разделов, выводов, списка использованных источников и приложений, **содержит 237 страниц, из них на 144 страницах изложен текст диссертации, 17 таблиц, 51 рисунок, список литературы включает 155 наименований.**

## Основная часть

*В первом разделе* диссертации произведен анализ исследований в области обеспечения надежности технических систем. Приведены математические методы теории надежности технических систем. Проведены исследования по оптимизации надежности машин, повышению износостойкости рабочих поверхностей, оценке надежности гидромеханических передач.

*Во втором разделе* приведена общая методика исследования (рисунок1). Рассмотрена техническая система, состоящая из конечного числа последовательно соединенных элементов. Изложена последовательность расчета численным методом показателей простого, общего и общего нестационарного процессов восстановления их работоспособности. При этом учтено, что распределения наработок элементов до отказа описываются различными теоретическими законами, в т.ч. двухпараметрическим законом Вейбулла. Составлена математическая модель оценки показателей надежности технических систем. В качестве исследуемых показателей надежности системы приняты затраты на поддержание ее работоспособности в эксплуатации  $C_{nn}(t)$  и уровень надежности  $n$ .

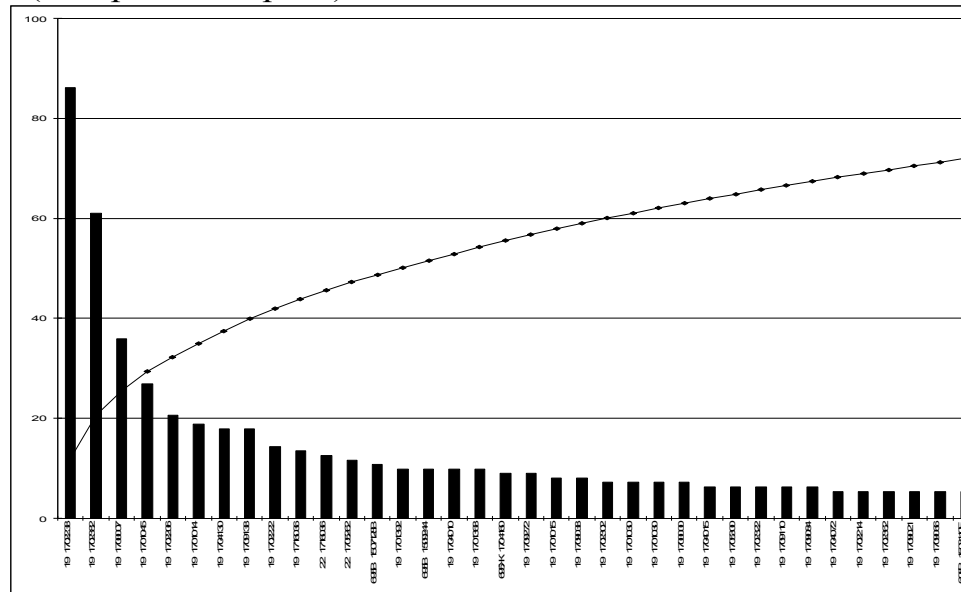


Рисунок 1 Общая методика исследования.

В третьем разделе описаны методические основы организации испытаний транспортных машин, с указанием климатических условий на момент проведения испытаний и описанием местности на которой производились испытания.

Испытания выявили недостаточно высокую надежность ГМП модели 19.17. Выявлено, что основную массу отказов составляют несколько деталей:

диски фрикционов ведомый и ведущий, фрикцион в сборе, кольца уплотнительные. Ранжирование деталей по количеству отказов показано на рисунке 2 (диаграмма Парето).



С целью сокращения суммарных удельных затрат на обеспечение и поддержание надежности ГМП произведено моделирование на ЭВМ повышения ресурса и качества наименее надежной детали – диска двойного фрикциона. Анализ результатов моделирования показателей надежности (рисунок 4) показал, что суммарные средние удельные минимальные затраты снижаются в зависимости от повышения долговечности совершенствуемой детали.

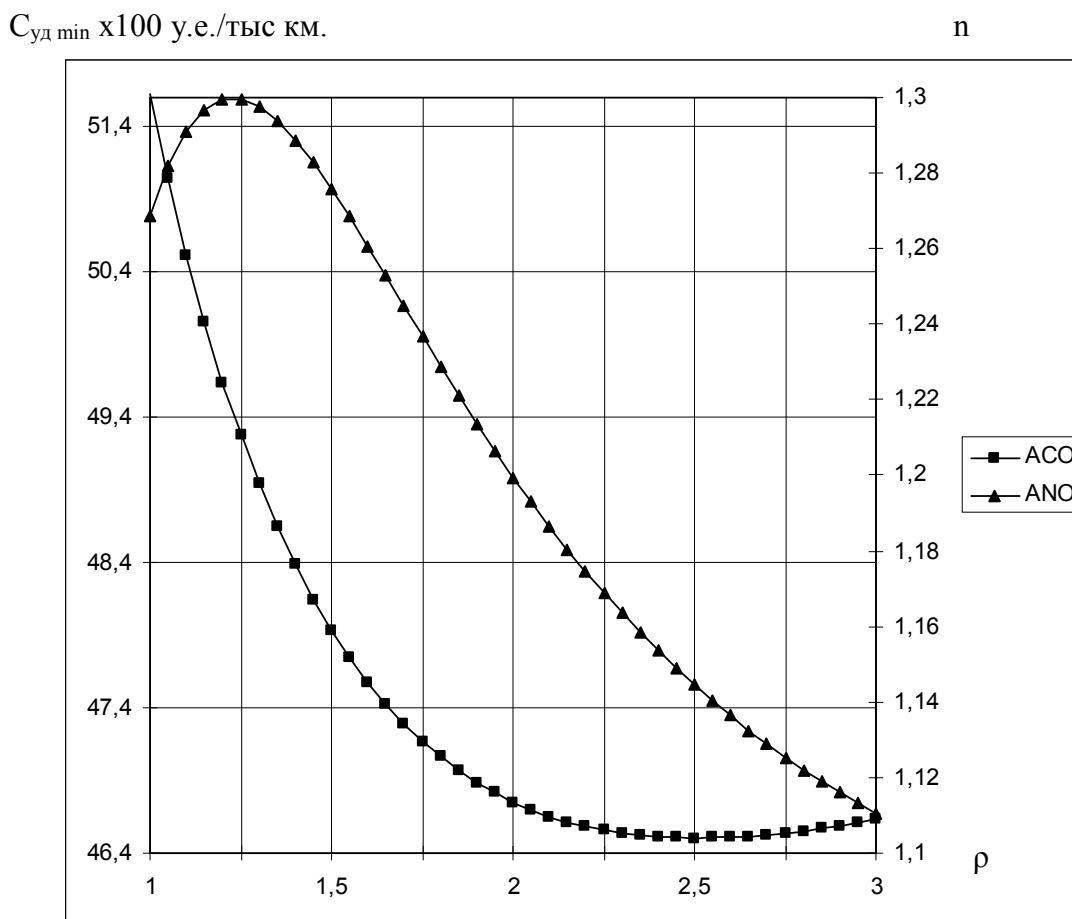


Рисунок 4 Зависимость уровня надежности  $n$  и суммарных средних удельных минимальных затрат  $C_{уд min}$  ГМП от повышения долговечности диска двойного фрикциона

Анализ экономической эффективности повышения долговечности детали, лимитирующей надежность ГМП (рисунок 5) показал, что оптимальным будет повышение ресурса на 150% (в 2,5 раза). С целью реализации результатов моделирования определен технологический способ повышения долговечности наименее надежной детали ГМП и разработано техническое задание на модернизацию диска двойного фрикциона ГМП. Экономический эффект модернизации диска фрикциона ГМП модели 19.17 составит 1,06 млн. тенге/тыс. км. на 100 машин.

## Заключение

*Краткие выводы по результатам диссертационного исследования.* С целью повышения эффективности транспортных машин, оснащенных гидромеханическими передачами, были выполнены теоретические и экспериментальные исследования. На их основе получены следующие научные результаты.

1. Составлена математическая модель оценки показателей надежности технической системы (уровень надежности, минимальные суммарные затраты на обеспечение и поддержание надежности) на основе численных методов их расчета применительно к различным видам процессов восстановления работоспособности их элементов.
2. Выполнен анализ результатов испытаний на надежность транспортных машин, оснащенных ГМП, и выявлены наиболее часто отказывающиеся детали и узлы. Установлено, что диск фрикциона лимитирует надежность ГМП в наибольшей степени.
3. Произведена аппроксимация распределений наработок наиболее часто отказывающихся деталей до отказа подходящими теоретическими законами.
4. Определены на основе компьютерного моделирования оптимальные значения повышения показателей долговечности наименее надежного элемента ГМП - диска фрикциона.
5. Обоснованы рекомендации и разработано техническое задание на модернизацию диска фрикциона как наименее надежного элемента ГМП транспортной машины.

*Оценка полноты решений поставленных задач.* Полученные научные результаты соответствуют поставленным задачам и характеризуются полнотой их решения.

*Разработка рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию результатов.* Разработаны рекомендации и техническое задание на модернизацию диска фрикциона как наименее надежного элемента ГМП транспортной машины, которые переданы для внедрения в АО «Востокмашзавод» г. Усть-Каменогорска.

*Оценка технико-экономической эффективности внедрения.* Экономический эффект модернизации диска фрикциона ГМП модели 19.17 составляет 1,06 млн. тенге/тыс. км. на 100 машин.

*Оценка технико-экономического уровня выполненной работы в сравнении с лучшими достижениями в данной области.* Оценка технико-экономического уровня выполненной работы в сравнении с лучшими достижениями в области надежности транспортных машин показала, что достигнутые результаты являются оригинальными, отличаются новизной и не имеют аналогов.

# THE DEVELOPMENT OF MANAGEMENT METHOD FOR TRANSPORT MACHINE HYDROMECHANICAL TRANSMISSION RELIABILITY

6N0713 – Transport, transport technique and technology

The thesis of the dissertation on competition of an academic degree  
of the Master of Technical Sciences by specialty

**The subject of research** - hydromechanical transmission of transport machines model 19.17.

**The aim of the research** is to raise the efficiency of transport machines on the basis of developing the method of their hydromechanical transmission reliability standard management.

**The method of research.** To achieve the aim of the work general and individual methods of scientific research were developed. System analysis method, renewal theory mathematical modeling method, reliability theory technical and economical method and computer numerical computation methods were applied in the theoretical research. In the experimental research the following methods of experiment theory were used: experimental research planning and conducting methods according to the observation plans, the results of research accuracy and authenticity evaluation methods, dominating factors ranking analysis methods. The summary includes comparative analysis method, extrapolation method and research results synthesis method.

**The results of research.** Mathematical model for 19.7 hydromechanical transmission reliability coefficient evaluation was made up. The hydromechanical transmission reliability examination results analysis was carried out and most frequently failing parts and units were defined. It was defined that double friction disk limits hydromechanical transmission reliability to the biggest extent. Its optimum lifetime increase value was defined. Recommendations and technical requirements for friction disk modernization were developed.

**Main structural, technological, technical and operating characteristics.** The subject of research is 19.17 “Lviv-3” models’ hydromechanical transmission. consisting of a single-stage complex four-wheel hydro-transformer with a 340 mm active diameter, mechanical gear shaft, and hydraulic friction couplings.

## **The degree of implementation.**

Technical requirements for modernization of 19.17 hydromechanical transmission double friction disk were handed to “Vostokmashzavod” for commissioning.

**The field of application.** The field of application of the research results includes enterprises which use buses with hydromechanical transmission. The research results can be of interest for machine-building works in order to increase wearability and reliability of hydromechanical transmission parts.

**The research cost-effectiveness.** The research cost effectiveness is proved by the expected specific economical effect from modernization of 19.17 hydromechanical transmission double friction disk. It amounts to 76,59 tenge/thousand kilometers per one machine.

## ТҮЙІНДЕМЕ

Величко Андрей Юрьевич

### КӨЛІК ТЕХНИКАСЫНЫҢ ГИДРОМЕХАНИКАЛЫҚ БЕРІЛІСТЕРІНІҢ СЕНІМДІЛІГІН БАСҚАРУ ӘДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

6M0713 - Көлік, көлік техникасы және технологиялар

мамандығы бойынша техника ғылымдарының магистрі академиялық дәрежесін іздену  
диссертациясының рефераты

**Зерттеунің объекті** - 19.17 үлгісі көлік техникасының гидромеханикалық берілістерінің.

**Зерттеунің мақсаты** - гидромеханикалық берілісінің сенімділігін басқару әдісінің құрастыру негізінде көлік техникасының тиімділігін жоғарылату.

**Зерттеу әдістері.** Жұмыс мақсаты үшін ғылыми зертеулердің жалпы және жеке әдістері қолданылды. Теориялық бөлімінде жүйелік талдау, жұмысқа қабілеттілік қалпына келтіру математикалық үлгілеу, сенімділік теориясы жөніндегі техникалық-экономическалық әдісі, ЭЕМ-да санды есептеу әдісі қолданылды. Зерттеунің тәжирибелік бөлімінде тәжирибе теориясының сондай әдістері пайдаланған: бақылау жоспары бойынша тәжирибелік зерттеунің жоспарлау мен орындау әдістері, зерттеунің нәтижелердің анықтығыны және дәлдігіні бағалау әдістері, басым факторлардың реттеу үшін талдау әдісі. Соңғы бөлімінде салыстырмалы талдау, экстраполяция және зерттеу нәтижелерінің синтез әдістері қолданылған.

**Зерттеунің нәтижелері.** 19.17 үлгісі ГМБ-нің сенімділігін бағалау үшін математикалық үлгісі құрастырылған. ГМБ-нің сенімділікке сынақтау нәтижелері талдауланьпты және оның жұмысқа ең жиі қабыл алмаушы түйіндері мен бөлшектері анықталды. ГМБ-нің сенімділігіні ең жоғары дәрежеде шектейтін бөлшегі сияқты екі есе фрикциондағы тегеріш ұнаған. Тегеріштің өмір ұзақтылығын жоғарылату ең жақсы мөлшері табылды. Сонымен ұсыныстар негіделеніп фрикциондағы тегерішті жақсартуға арналған техникалық талабы құрастырылды.

**Құрамдылық, технологиялық, техникалық және пайдалану негізгі сипаттамалары.** Зерттеунің объекті - 19.17 үлгісі автоматикалық гидромеханикалық берілісі. Оның құрамында бір саттылық 340 мм-ге тең белсенді диаметрлі 4 дөнгелектегі гидротрансформаторы, тапсырулардың ауыстырып қосу жөніндегі фрикциондық муфталы механикалық редукторы.

**Өндіріске енгізу дәрежесі.** Өндіріске енгізу үшін 19.17 үлгісі ГМБ-нің екі есе фрикциондағы тегерішті жақсартуға арналған техникалық талабы АО «Востокмашзавод»-қа берілді.

**Қолдану саласы.** Зерттеу нәтижелерінің қолдану саласына гидромеханикалық берілісімен автобустарды пайдаланған кәсіп орындар кіреді. Сонымен қатар зерттеу нәтижелері машина жасайтын зауыттарға бөлшектердің тозуға төтеп беру және сенімділігінің жоғарылаулары мақсаттарда маңызды болу мүмкін

**Зерттеунің экономикалық тиімділігі.** Зерттеунің экономикалық тиімділігі 19.17 үлгісі ГМБ-нің екі есе фрикциондағы тегерішті жақсартудан күтілетін салыстырмалы экономикалық әсеріне байланысты. Ол бір машинын әр бір мың шақырымға келетін 76,59 тенгеге тең болады.

