

*МЕЛЬНИК ВЛАДИМИР ГРИГОРЬЕВИЧ*

**Разработка процессов дистанционной  
диагностики систем тягово-транспортных средств**

Специальность 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания  
в сельском хозяйстве

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук



МОСКВА 2005



2006-4  
7630

На правах рукописи

*МЕЛЬНИК ВЛАДИМИР ГРИГОРЬЕВИЧ*

**Разработка процессов дистанционной  
диагностики систем тягово-транспортных средств**

Специальность 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания  
в сельском хозяйстве

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук



\*МОСКВА\* 2005

2150722

Работа выполнена в федеральном государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина».

**Научный руководитель:**

доктор технических наук, профессор  
Дидманидзе Отари Назирович

**Официальные оппоненты:**

доктор технических наук, профессор  
Пучин Евгений Александрович

доктор технических наук, профессор  
Варнаков Валерий Валентинович

**Ведущая организация:**

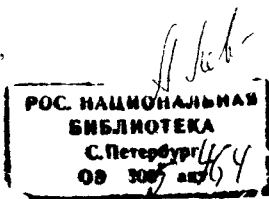
Центральная машиноиспытательная станция  
ЦМИС

Защита диссертации состоится 13 июня 2005 г. в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 220.044.01 при ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина» по адресу: 127550, Москва, Тимирязевская, 58.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина».

Автореферат разослан «13» мая 2005 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор технических наук



Левшин А.Г.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы** – Анализ возможных путей развития сельскохозяйственной техники, научно-технические публикации последнего времени показывают, что, во-первых, бортовые микроЭВМ становятся надежной основой технического прогресса в сельскохозяйственном машиностроении. Можно утверждать, что технический уровень сельскохозяйственного производства будет определяться микропроцессорными системами контроля и управления. Это объясняется рядом причин, такие системы дают возможность существенно расширить возможности использования различных агрегатов машин и навесных орудий. Во-вторых, микропроцессорное управление способно существенно расширить технологические возможности машин и навесных орудий. В третьих, бортовая микропроцессорная система обеспечивает осуществить автоматическое диагностирование технического состояния МТА с выдачей информации о необходимости проведения ТО по потребности.

В перспективе предполагается установка оборудования для выдачи наиболее важной информации голосовой связью. Это даст возможность облегчить труд оператора и тем самым повысить эффективность полевых работ с использованием МТА.

**Цель работы** – рассмотрение процессов и взаимосвязей при реализации дистанционной диагностики систем тягово-транспортных средств.

**Объект исследования** – система диагностирования тягово-транспортных средств, GSM контроллер, электронный блок управления работой ДВС - Мотроник.

**Методы исследования** – моделирование сложных производственных процессов, исследование операций включая теорию массового обслуживания, методы прямого наблюдения и эксперимента.

**Научная новизна** – система дистанционной диагностики оборудования тягово-транспортных средств на основе GSM стандарта в режиме реального времени при движении тягово-транспортного средства.

**Практическая ценность работы** – Практическое применение результатов исследования оптимизирует процесс диагностики тягово-транспортного средства и повышает надежность оборудования. Оперативный контроль за состоянием оборудования в режиме реального времени позволяет соединиться с центральным диагностическим сервером, который сможет не только определить неисправность, но и предложить алгоритм их устранения, программно или в виде пошаговых инструкций для персонала автосервиса

**Апробация работы.** Результаты исследования используются в ООО АЦ «Север», ООО МНПО «Эконд» и в учебном процессе.

**Публикации.** Результаты исследования опубликованы в 2 научных статьях и 1 методическом указании, получено 2 патента на полезную модель.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов и списка литературы. Изложена на 135 страницах машинописного текста, включая 43 рисунка, 15 таблиц и библиографический список из 105 наименований.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** представлена актуальность темы, излагаются положения, выносимые на защиту.

**В главе I** «Состояние вопроса, цель и задачи исследования» проведен анализ литературных источников из которых установлено, что:

Диагностика является стандартной всех микропроцессорных систем управления. При нормальной работе функции самопроверки обеспечиваются параллельно с другими функциями, такими, как впрыск топлива и зажигание. Самодиагностика характеризуется выполнением основных требований:

1. Контроль за работой сложных систем и узлов. Все усложняющаяся конструкция двигателя делает возможности самодиагностики весьма важными для обнаружения и устранения неисправностей.

2. Информирование водителя о неисправностях системы диагностики с помощью индикаторных ламп, дисплеев и акустических приборов предупреждения и согласование с сервисным центром о визите.

3. Хранение точной информации. Система хранит в блоке управления предупреждающую информацию и данные об отдельных неисправностях. Также в запоминающем устройстве хранятся данные об условиях работы двигателя на момент первоначального обнаружения ошибки. Тип и полнота информации регламентируются стандартами SAE J1978, J1979 и J2012.

4. Доступ к хранимым ошибкам. Данные, хранящиеся в памяти системы самодиагностики во время работы автомобиля, передаются на диагностический стенд с дисплеем через GSM канал. Оттуда персонал может быть связан через Интернет с центральным диагностическим сервером, который сможет не только определить неисправность, но и предложить алгоритм их исправления, программно или в виде пошаговых инструкций для персонала автосервиса. Необходимые для этого протоколы обмена приведены в стандартах ISO 9141 и 14230.

На основе этого сформулированы задачи исследования:

1. Исследовать структуру диагностирования транспортных средств.
2. Рассмотреть принцип построения системы самодиагностики контроллера управления двигателем.
3. Скорректировать систему технического обслуживания и ремонта тягово-транспортного средства с использованием дистанционной диагностики.
4. Экспериментально проверить возможность функционирования системы дистанционной диагностики.
5. Определить экономический эффект от внедрения результатов исследования.

**В главе 2** «Принцип функционирования системы диагностирования».

Существующие разновидности систем диагностирования можно представить в виде следующей структуры (рис. 1). При этом комплекс, включающий объект, средства и алгоритмы, образует основу системы диагностирования. Средствами диагностирования служат специальные приборы и стенды. Они делятся на внешние и встроенные, являющиеся составной частью автомобиля.

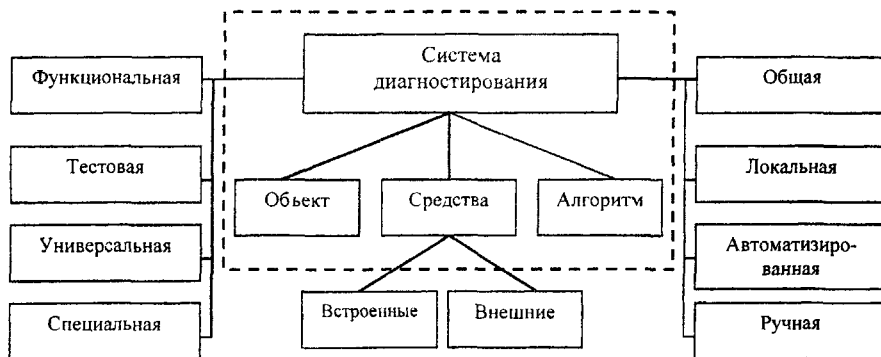


Рис. 1 Структура разновидностей систем диагностирования

Уровень снижения затрат при планово-предупредительном ТО за счет диагностирования в большей степени зависит от коэффициента вариации  $v$  ресурса автомобиля  $l$ , стоимости аварийного ремонта  $c$ , стоимости профилактических  $d$  и диагностических  $c_d$  работ. Эффективность применения диагностирования при различном сочетании перечисленных факторов показана на номограмме, построенной из условия, что суммарные удельные затраты на ремонт, предупредительное обслуживание и диагностирование не превышают суммарных удельных затрат на ремонт и предупредительное обслуживание без диагностирования.

Эффективность диагностирования при различном сочетании перечисленных факторов хорошо иллюстрируются номограммой (рис. 2), построенной из условия, что суммарные удельные затраты на ремонт, ТО и диагностирование не превышают суммарных удельных затрат на ремонт и ТО без диагностирования

$$\frac{cq_r + d(1 - q_e) + c_c n_c}{l_e^{\text{факт}}} \leq \frac{cq + d(1 - q)}{l_r^{\text{факт}}}, \quad (1)$$

где  $q$  и  $q$  - вероятности аварийных отказов, соответственно, при обслуживании с диагностированием и без диагностирования;  $l_r^{\text{факт}}$  - средние фактические (средневзвешенные) пробеги до восстановления, соответственно, при обслуживании с диагностированием и без диагностирования ( $l_r^{\text{факт}} \rightarrow l$ ,  $l_e^{\text{факт}} \rightarrow l_p$ );  $n_c$  -

среднее число проверок до восстановления

Из номограммы видно, что чем выше коэффициент вариации ресурса, а, следовательно, и вероятности пропуска отказов данного агрегата при регламентном обслуживании, и чем выше затраты на устранение этих отказов, тем более эффективно применение диагностирования.

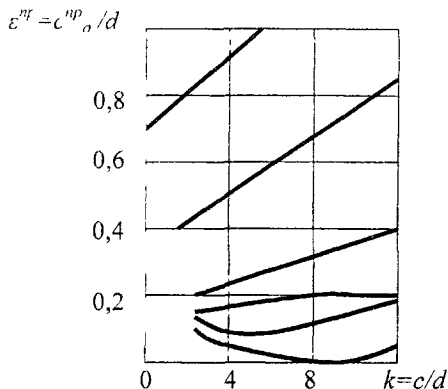


Рис 2 Номограмма относительных затрат на диагностирование  $\varepsilon$  при различных величинах коэффициентов вариации  $v$  ресурса объекта и различных относительных затрат  $k$  на ремонт

Расчеты показывают, что затраты на ТО и ремонт автомобилей могут быть снижены за счет диагностирования на 10...25 %.

Кроме снижения затрат на ТО и ТР автомобилей, эффект от применения диагностики может быть получен в результате более полного использования ресурсов работоспособности их агрегатов путем более точного информационного обеспечения планирования и организации таких мероприятий как ремонт, снабжение, экономия топлива, безопасность движения и др. Из этого следует, что диагностика автомобилей является одним из основных факторов обеспечения прогрессивных технологических процессов ТО и ТР, направленных на реализацию многочисленных внутрихозяйственных резервов, за счет всестороннего использования индивидуальных возможностей и свойств автомобилей.

Процесс диагностирования заключается в восприятии диагностических параметров ( $P_1, P_2, \dots, P_n$ ), измерении их величин, определяющих в известном масштабе параметры технического состояния ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) и выдачи заключения на основе сопоставления измеренных величин с допустимыми ( $P_{\partial 1}, P_{\partial 2}, \dots, P_{\partial n}$ ) или предельными ( $P_{p1}, P_{p2}, \dots, P_{pn}$ ) нормативами.

Схематично процесс диагностирования можно представить, следующим образом (рис 3) В процессе работы объекта  $O$  на тестовом режиме или в условиях эксплуатации параметр его технического состояния  $X$  проявляется в виде диагностического параметра  $P$ , который воспринимается при помощи



какого-либо одного или нескольких датчиков  $D$ . От датчика параметр в измененном виде  $P'$  поступает в устройство  $U$  для усиления или разделения сигнала и далее в виде  $P''$  — в устройство  $A$  для измерения параметра технического состояния  $X$  в определенном масштабе  $\alpha$  или анализа и синтеза полученной информации.

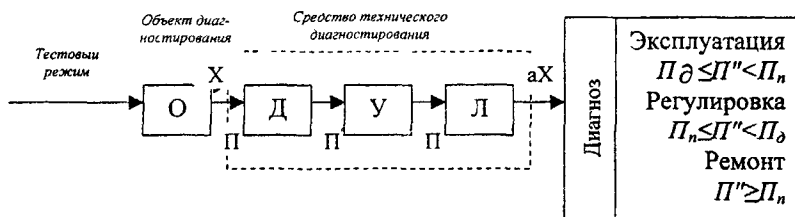


Рис. 3 Схема процесса диагностирования

Постановка диагноза в простейшем случае заключается в сравнении измеренного параметра с нормативными его значениями. Диагностика сложных механизмов осуществляется либо по одному признаку путем анализа полученной информации, либо одновременно по нескольким параметрам путем синтеза сведений о состоянии объекта.

В таблице 1 приведены результаты такой оптимизации при  $\alpha=0,4$  и отношение цен  $C_m/C_n=1,2$ .

Таблица 1. Результаты оптимизации числа обслуживаемых тягово-транспортных средств при  $\alpha=0,4$  и  $C_m/C_n=1,2$

$m$	$m_0$	$P_0$	$\bar{C}_{mn}$
2	0,16	0,713	0,905
3	0,50	0,283	0,883
4	1,02	0,150	1,374

Из приведенных результатов следует, что при заданных условиях оптимальному режиму работы при  $\bar{C}_{mn\min} = 0,883$  соответствуют:  $m_{opt}=3$ ;  $m_{0opt}=0,50$ ;  $P_{0opt}=0,283$ .

Оптимальному режиму работы соответствует коэффициент простоя обслуживаемых агрегатов

$$K_{mopt} = \frac{m_{0opt}}{m} = \frac{0,50}{3} = 0,166 \quad (2)$$

При заданной плотности потока требований  $\lambda_0$  можно определить требуемую оптимальную интенсивность обслуживания  $\mu_{opt} = \lambda_0 / \alpha_{opt} = \lambda_0 / 0,4$ . Например, при  $\lambda_0=2$  получим  $\mu_{opt}=5$ . По значению  $\mu_{opt}$  выбирается один или несколько обслуживающих агрегатов с общей интенсивностью обслуживания равной 5. Оптимальная пропускная способность системы составит

$$P_{opt} = (1 - P_{Oopt}) \cdot \mu_{opt} = (1 - 0,283) \cdot 5 = 3,58 \quad (3)$$

Аналогичные оптимальные результаты можно получить для любых типов агрегатов в любой производственной ситуации.

Создание устройства дистанционной диагностики силового оборудования тягово-транспортных средств посредством телекоммуникационных средств связи стандарта GSM исключает процесс ожидания транспортного средства очередности обслуживания и обеспечивает заданный тестовый режим (скоростной, нагрузочный, тепловой и др.) в реальных эксплуатационных условиях для организации объективного диагностирования.

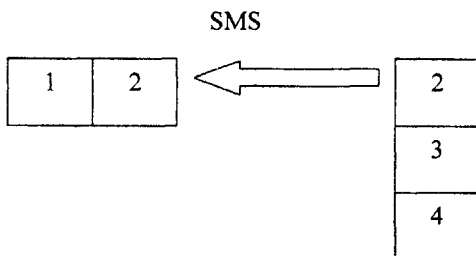


Рис. 4 Устройство дистанционной диагностики силового оборудования

Поставленная задача решается за счет устройства дистанционной диагностики силового оборудования из центра технического обслуживания, оснащенного диагностическим комплексом 1 (рис. 4). Программное обеспечение обеспечивает управление и наблюдение за удаленными объектами с помощью SMS сообщений через GSM аппаратуру 2. В свою очередь тягово-транспортное средство оснащено также GSM аппаратурой 2, модулем с АЦП-ЦАП преобразователем 3 и датчиком 4. Получение центром SMS сообщения при появлении определенных событий на тягово-транспортных средствах (выход из строя одного или нескольких элементов) - срабатывание входных датчиков. После получения сигналов в течение некоторого времени происходит опрос, анализ полученной информации техническим персоналом, исправления в пределах возможностей диагностического комплекса возникшей нестандартной ситуации. В это же время владелец автомобиля по мобильному телефону получает информацию о техническом состоянии автомобиля и принимает решение о своих дальнейших действиях.

**В главе 3** «Метрологические характеристики системы управления рабочим процессом».

Источником информации о состоянии двигателя являются датчики, представляющие собой устройства, осуществляющие первичное преобразование различных физических величин, характеризующих состояние двигателя и автомобиля, в электрические сигналы, которые могут быть переданы че-

рез линию связи, соединяющую датчики и устройство управления, и измерены устройством управления. Этим требованиям отвечают два вида электрических сигналов, формируемых датчиками: в виде величины электрического напряжения (тока) и в виде временных интервалов между электрическими импульсами. Однако в любом случае, должна существовать однозначная связь между физической величиной, поступающей на вход датчика и выходным сигналом датчика,  $U_{\text{вых}} = F(x)_{\text{вх}}$  или  $f_{\text{вых}} = F(x)_{\text{вх}}$ , описываемая передаточной характеристикой датчика.



Рис 5 Структура источников погрешности при диагностике рабочего процесса двигателя

Процесс преобразования входной физической величины в выходную, происходящий в датчике, сопровождается влиянием различного рода факторов, искажающих связь, описанную его передаточной характеристикой, и приводящих к возникновению погрешности преобразования. Погрешность преобразования датчика  $\Delta_d$  это разность между действительной величиной выходного сигнала датчика, являющейся результатом преобразования эталонной физической величины и величиной выходного сигнала, определенной для этого же значения эталонной физической величины по его передаточной характеристике расчетным путем,  $\Delta_d = U(e) - U(f(e))$ . Такая погрешность преобразования связана с процедурой обработки поступающей от

датчика информации в системе управления, где осуществляется обратное преобразование сигнала датчика в цифровой эквивалент измеряемой физической величины, производимое с использованием передаточной характеристики датчика.

Поскольку множество известной величины, полученной путем квантования эталонной величины дискретно, то и соответствие с множеством измеряемой величины не может быть однозначным, а следовательно, результат измерения, определяемый неравенством  $S_{i-1} < U < S_i$ , так же дискретен. Эта важная особенность процесса измерения заставляет рассматривать погрешность измерения как результирующую трех погрешностей: систематической, случайной и погрешности квантования. Под погрешностью квантования  $\Delta_x$  при измерении будем понимать разность между результатом измерения, полученным измерительной системой с заданным количеством уровней квантования и измерительной системой, в которой количество уровней квантования бесконечно. Величины систематической и случайной погрешности, при измерении, определяются как физическими свойствами измерительной системы, погрешностью и стабильностью эталонной величины, характеристиками электрических цепей участвующих в измерении, так и погрешностью квантования, зависящей от шага квантования измеряемой величины  $\Delta S = S_i - S_{i-1}$  (рис. 6).

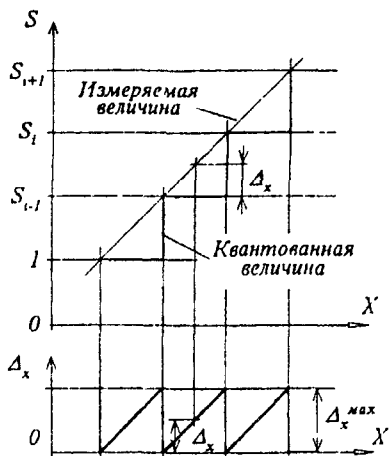


Рис 6 Зависимость погрешности квантования от измеряемой величины

Выбор шага квантовании измеряемых и управляющих величин зависит от многих факторов, в частности от соотношения систематической и случайной погрешности измерения и реализации, вносимой датчиками и исполнительными устройствами, применения различного рода фильтров в процессе

обработки информации в системе управления, характера описания данных в алгоритме управления и так далее.

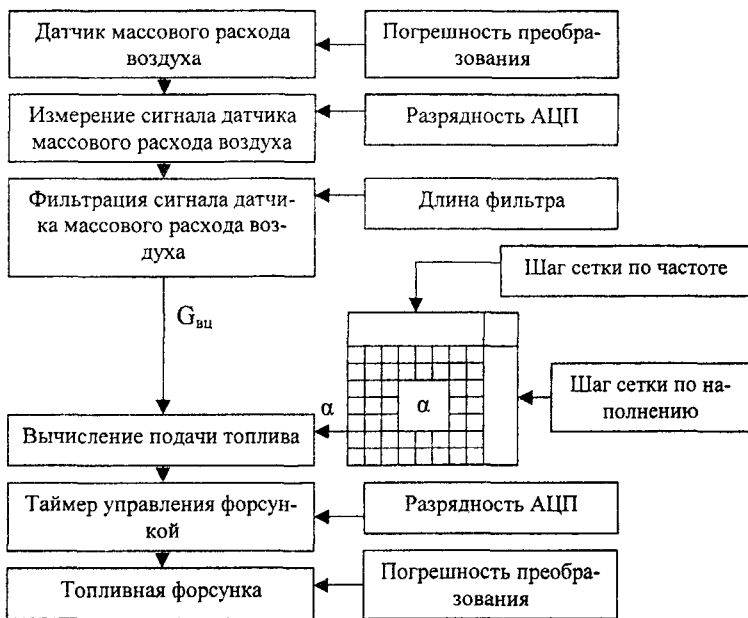


Рис. 7 Метрологическая модель системы управления, применяемая при расчете параметров системы управления участвующих в управлении подачей топлива

Выбор шага квантования измеряемых и реализуемых параметров управления должен быть проведен на основании критерия, характеризующего величину вносимой тем или иным действием погрешности в конечные показатели процесса управления. Сформулировав этот критерий как требование того, что погрешность, вносимая любой из процедур обработки информации в системе управления связанная квантованием должна быть существенно меньше требуемой погрешности реализации регулировок двигателя  $\Delta S \ll \Delta_d$  можно определить не только требуемый шаг квантования при измерении сигнала любого из датчиков и шаг квантования сигналов управления исполнительными устройствами, но и определить оптимальные характеристики любой процедуры, выполняемой в процессе диагностики.

Данный критерий позволяет сформулировать и требования к форме представления информации в системе управления рабочим процессом двигателя: регулировок двигателя и калибровок системы управления.

**В главе 4** «Организация службы устранения технических неисправностей транспортных средств»

Количество транспортных средств  $m$  в каждом сервисном центре обычно определено. От каждой такой машины исходит поток требований на устранение технических отказов. В исследованиях по теории надежности, доказывається, что поток требований на устранение технических отказов можно принять простейшим или пуассоновским. Вероятность  $P_k(t)$  поступления именно  $k$  требований за промежуток времени  $t$  для такого потока определяется по известной формуле Пуассона:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}. \quad (4)$$

На основании экспериментов многими исследователями доказано, что поток отказов тягово-транспортных средств с достаточной точностью также можно принять пуассоновским.

Плотность потока отказов  $\lambda$  при этом определяется из равенства

$$\lambda = \frac{1}{\tau_{отк}}, \quad (5)$$

где  $\tau_{отк}$  - средняя продолжительность времени между отказами (наработка на отказ), 1/ч.

Предполагается, что обслуживание каждого требования осуществляется с помощью одного стационарного средства, поэтому интенсивность соответствующего обслуживания определяется из равенства

$$\mu = \frac{1}{\tau_{об}} \quad (6)$$

где  $\tau_{об}$  - средняя продолжительность устранения одного отказа, ч.

Обычно для времени обслуживания  $\tau_{об}$  в теории массового обслуживания (ТМО) принимается показательный закон с функцией распределения:

$$F(t) = 1 - e^{-\mu t}. \quad (7)$$

Под стационарным средством устранения отказа подразумевается соответствующий пост обслуживания в ремонтной мастерской или на пункте технического обслуживания.

При недостатке средств устранения отказов образуется очередь из ожидающих транспортных средств. Избыток таких средств приводит к их простоям.

Из приведенного описания рассматриваемой задачи следует, что службу устранения отказов транспортных средств можно рассматривать как замкнутую систему массового обслуживания (СМО) с ожиданием. Если на сервисном центре имеется только одно стационарное средство устранения отказов, то принципиальная схема функционирования СМО будет аналогична рисунку 8.

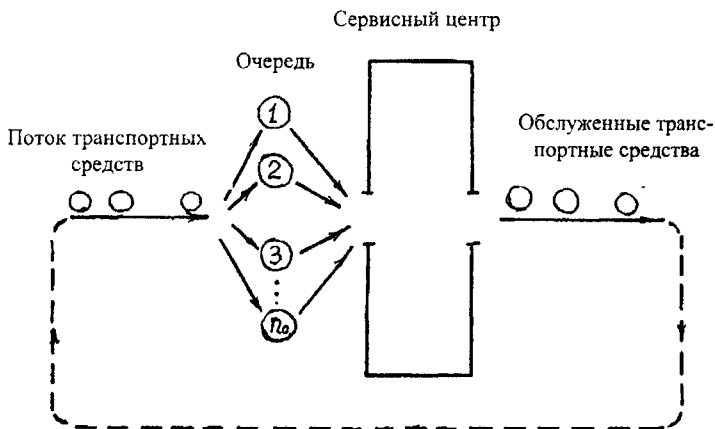


Рис. 8 Принципиальная схема функционирования замкнутой одноканальной СМО с ожиданием

В качестве основного экономического критерия эффективности работы СМО целесообразно принять минимум суммы потерь от взаимного ожидания сервисного центра и транспортных средств в виде

Если используется только одно стационарное средство, то определяется количество обслуживаемых транспортных средств в зависимости от радиуса обслуживания.

Численное значение  $\tau_{об}$  для стационарного средства определяется в виде суммы:

$$\tau_{обс} = t_{n1} + t_{ne1} + t_{умс} + t_{n2} + t_{ne2} + t_{нмс} = t_{n1} + l_{не} \left( \frac{1}{v_{ne1}} + \frac{1}{v_{ne2}} \right) + t_{умс} + t_{n2} + t_{нмс} \quad (8)$$

где  $t_{n1}$ ,  $t_{ne1}$  - соответственно время подготовки к переезду транспортного средства и самого переезда (доставки) в сервисный центр, ч;

$t_{умс}$  - время устранения отказа, ч;

$t_{n2}$ ,  $t_{ne2}$  - время подготовки и обратного переезда (обратной доставки), ч;

$l_{не}$  - соответствующее расстояние, км;

$v_{ne1}$ ,  $v_{ne2}$  - соответствующие скорости при доставке, км/ч;

$t_{нмс}$  - время подготовки центра к работе, ч.

Критерий оптимальности с позиций ресурсосбережения соответствует минимуму потерь от взаимного ожидания транспортных средств и средств устранения отказов:

$$C_{мин} = (P_0 \psi_{см} + m_{ож} \psi_{м}) \rightarrow \min \quad (9)$$

где  $C_{мин}$  - суммарные потери от простоев во взаимном ожидании, руб/ч;

$P_0$  - вероятность простоя средства для устранения отказов;

$m_{ож}$  - количество ожидающих транспортных средств с отказами;

$C_{cm}, C_m$  - стоимость одного часа простоя технического средства и транспортного средства, руб/ч.

И в данном случае целесообразно перейти к относительным затратам:

$$\bar{C}_{mi} = \frac{C_{mi}}{C_{cm}} = (P_0 + m_{ожс} \frac{C_m}{C_{cm}}) \rightarrow \min \quad (10)$$

Численные значения  $P_0$  и  $m_{ожс}$  определяются соответственно из (9 и 10) при

$$\alpha = \alpha_c = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\tau_{обс}}{\tau_{отк}} \quad (11)$$

Для стационарных средств получим:

$$m_{ожс} = m - (1 - P_{oc}) \left(1 + \frac{1}{\alpha_c}\right), \quad (12)$$

где  $m$  - количество обслуживаемых транспортных средств.

Значение  $P_{oc}$  определяется из (10) в виде  $P_0 = P_{oc}$  при  $\alpha = \alpha_c$ .

Оптимальное количество обслуживаемых транспортных средств соответственно одним стационарным  $m_{соpt}$  средством определяется по критерию (6) в результате численного решения в зависимости от среднего радиуса обслуживания  $l_{не}$  при  $\bar{C}_{mi} = \bar{C}_{mi\min}$

Дополнительно следует учесть также и время ожидания транспортных средств в очереди на основании (10) в виде

$$T_{ожс} = \frac{m_{ожс}}{m\lambda}. \quad (13)$$

Оптимальное потребное количество стационарных  $n_{соpt}$  технических средств устранения отказов упрощенно определяется из равенства

$$n_{соpt} = \frac{m_x}{m_{соpt}}, \quad (14)$$

где  $m_x$  - количество обслуживаемых транспортных средств в сервисном центре.

Эффективный радиус обслуживания  $l_{не2}$  при этом определяется на основании (6).

Построив при  $m = m_x$  график зависимости  $m_{ожс} = f_c(l_{не})$  определим по точке их пересечения соответствующий эффективный радиус  $l_{не} = l_{не2}$ .

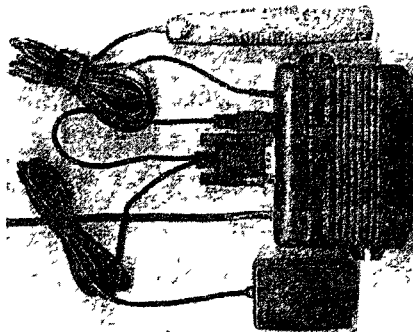
Полученная математическая модель при необходимости применима и к решению задач технического обслуживания транспортных средств. Под  $\lambda$  при этом следует подразумевать плотность потока требований на техническое обслуживание, а под  $\mu$  - интенсивность обслуживания.

Анализ эффективности использования стационарных средств технического обслуживания также осуществляется аналогичным образом.



В главе 5 «Экспериментальные исследования и экономическая эффективность системы диагностики»

Экспериментальные исследования проводились с использованием блока управления МИКАС 5.4 и контроллера CCU6225-G (рис. 9)



*Рис. 9 Контроллер CCU6225-G трекинговых GSM/GPS систем*

При обнаружении активного уровня на входах или, если происходит системное событие (падение внешнего питания и др.), контроллер формирует сигнальное текстовое SMS сообщение по указанным номерам.

Для каждого из восьми входов можно запрограммировать:

- название датчика, название активного и пассивного состояния датчика;
- границы тревожной зоны - верхняя и нижняя границы зоны определяют интервал напряжений, в котором вход считается активным;
- тип входа: аналоговый/дискретный;
- активный уровень имеет 6 режимов: низкий, свободный, высокий и др.;
- время усреднения входного сигнала;
- задержку выдачи сигнального сообщения;
- время восстановления опроса;
- круглосуточный контроль, независимо от режима;
- действие при активном уровне на входе: голосовой звонок, SMS, звонок и SMS, связь через внешний микрофон, включить GPS автотрекинг;
- влияние на реле

Перед подключением датчиков к контроллеру, сначала был запрограммирован активный уровень. После этого были настроены "границы тревожной зоны" так, что бы в неактивном состоянии напряжение на входе находилось в середине тревожной зоны, а при замыкании шлейфа или его обрыве выходило за границы.

Максимальным уровнем 100% - считается напряжение на входе 5 В.

Блок управления МИКАС 5.4 изготовлен на базе микропроцессора SAB80C517A фирмы SIEMENS, имеет объем оперативной памяти (RAM) 2 Кбайт и постоянной памяти (ROM) 32 Кбайт. Выходные ключи управления исполнительными устройствами имеют защиту от короткого замыкания.

Система обладает самодиагностикой и аварийным режимом работы в случае повреждения датчиков.

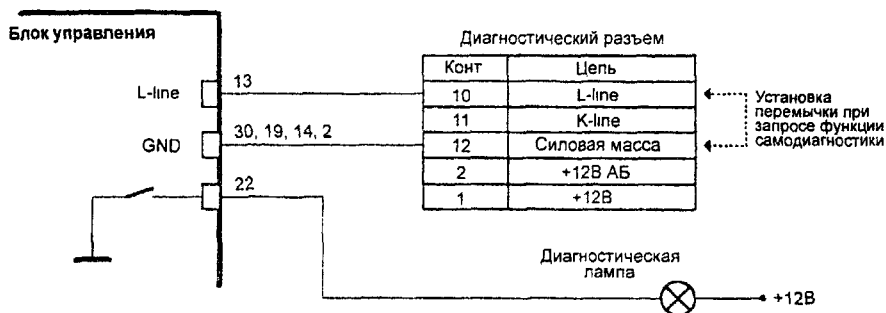


Рис 10 Схема диагностической цепи

Программное обеспечение электронного блока управления содержит в своем составе подсистему диагностики, позволяющую определять текущие ошибки в работе системы и блока и запоминать их в памяти.

В процессе экспериментальных исследований ошибки, полученные электронным блоком, передаются в контроллер *CCU6225-G* для дальнейшей передачи их на пост диагностики сервисного центра (рис. 10).

Схема проведения дистанционной диагностики была следующей:

1. Проверка работоспособности бортовой системы диагностики и диагностической цепи.
2. Проверка наличия кода неисправности.
3. Неисправности, отражающиеся на качестве работы двигателя, передаются с помощью контроллера *CCU6225-G* на пост диагностики сервисного центра.

В пределах данного исследования рассматривалось последовательное прохождение обслуживаемых машин через посты диагностирования и технического обслуживания. Такую систему можно рассматривать как двухфазную СМО с ожиданием, на которую поступает практически неограниченный поток требований. Поскольку в разных сервисных службах могут обслуживаться самые различные узлы и агрегаты, то основная задача моделирования и оптимизации заключается в получении таких обобщенных закономерностей и результатов, которые были бы применимы к любым типам машин в любых условиях.

Для определением технических показателей функционирования двухфазной системы диагностирования и технического обслуживания воспользуемся показателями числа тягово-транспортных средств, находящихся в первой фазе (на диагностировании)  $m_{01}$  и во второй фазе (на техническом обслуживании)  $m_{02}$ , а также соответствующие вероятности простоя указанных

фаз  $P_{O1}$  и  $P_{O2}$  в зависимости от соотношений  $\alpha_1 = \lambda/\mu_1$  и  $\alpha_2 = \lambda/\mu_2$  между плотностью потока требований  $\lambda$  и интенсивностями  $\mu_1$  и  $\mu_2$  обслуживания в каждой фазе.

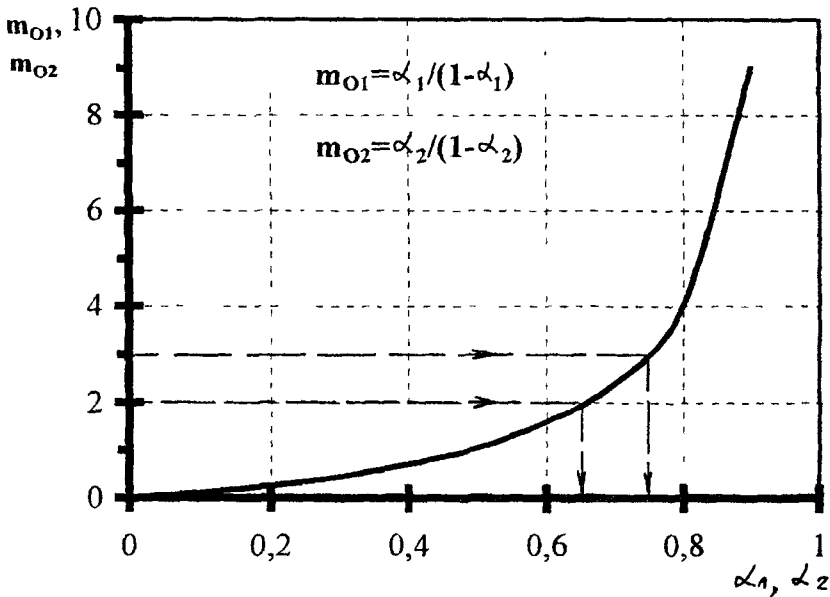


Рис. 11. Обобщенный график зависимостей  $m_{O1}$  от  $\alpha_1$  и  $m_{O2}$  от  $\alpha_2$

Обобщенный график зависимости на фазе диагностирования  $m_{O1}$  и на фазе технического обслуживания  $m_{O2}$  соответственно от  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  приведен на рис. 11. По графику в зависимости от  $\alpha_1$  можно определить значение  $m_{O1}$  и  $m_{O2}$  в зависимости от  $\alpha_2$ . Значения  $m_{O1}$  и  $m_{O2}$  с ростом соответственно  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  возрастают по гиперболической зависимости

Если задаться приемлемыми значениями  $m_{O1}$  и  $m_{O2}$  с учетом производственных площадей, то можно определить соответствующие значения  $\alpha_{10}$  и  $\alpha_{20}$ . Затем при заданной плотности потока требований  $\lambda_0$  можно определить требуемые интенсивности обслуживания  $\mu_{10} = \lambda_0 / \alpha_{10}$  и  $\mu_{20} = \lambda_0 / \alpha_{20}$ .

Например, если в каждой фазе можно расположить только две машины ( $m_{O1} = 2, m_{O2} = 2$ ), то как показано на рис. 11, получим  $\alpha_{10} = \alpha_{20} = 0,65$ .

При плотности потока требований  $\lambda_0 = 1,2$  получим требуемые интенсивности обслуживания  $\mu_{10} = \mu_{20} = \lambda_0 / \alpha_{10} = 1,2 / 0,65 = 1,84$ .

Аналогичное решение можно выполнить и при разных значениях  $m_{O1}$  и  $m_{O2}$ . Например, если в первой фазе можно разместить две машины ( $m_{O1} = 2$ ), а во второй – три ( $m_{O2} = 3$ ), то на графике (рис. 11) получим  $\alpha_{10} = 0,65, \alpha_{20} = 0,745$ . При этом необходимы интенсивности обслуживания  $\mu_{10} = 1,2 / 0,65 = 1,84$  и

$\mu_{20}=1,2/0,745=1,61$ . По значениям  $\mu_{10}$  и  $\mu_{20}$  можно определить потребное количество постов, а также мастеров-диагностов и мастеров-наладчиков.

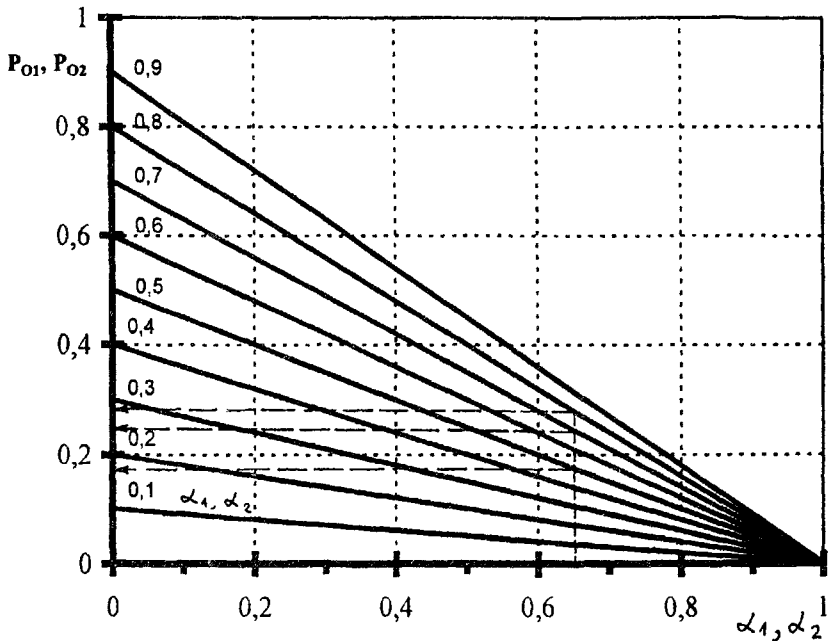


Рис. 12. Обобщенные графики зависимостей  $P_{O1}$  и  $P_{O2}$  от  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$

При известных значениях  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  получим соответствующие вероятности простоя поста диагностирования  $P_{O1}$  и технического обслуживания  $P_{O2}$ . Соответствующие графики зависимостей  $P_{O1}$  и  $P_{O2}$  от  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  приведены на рис. 12.

Например, для первого случая при  $\alpha_{10}=\alpha_{20}=0,65$  получим  $P_{O1}=P_{O2}=0,277$ , как показано на рис. 12 стрелками.

При  $\alpha_{10}=0,65$ ,  $\alpha_{20}=0,745$  для определения  $P_{O1}$  значение  $\alpha_{10}$  откладываем по оси абсцисс, а  $\alpha_{20}$  – на соответствующем луче. При этом получим  $P_{O1}=0,26$ . Аналогичным образом при определении  $P_{O2}$  значение  $\alpha_{20}=0,745$  берем по оси абсцисс, а  $\alpha_{10}=0,65$  – по лучу. При этом получим, как показано штриховыми линиями,  $P_{O2}=0,166$ .

Расчет экономического эффекта от внедрения проектных предложений производился по разности суммарных приведенных затрат на сопоставимый разовый объем работ. Экономический эффект от внедрения проектных предложений составил более 5%.

## Общие выводы

1. Использование самодиагностики и дистанционной диагностики систем автомобиля помогает обслуживающему персоналу ускорить диагностику путем сужения поля возможных источников и неисправностей.

2. Установлено, что создание устройства дистанционной диагностики силового оборудования тягово-транспортных средств посредством телекоммуникационных средств связи стандарта GSM исключает процесс ожидания транспортного средства очередности обслуживания и обеспечивает заданный тестовый режим (скоростной, нагрузочный, тепловой и др.) в реальных эксплуатационных условиях для организации объективного диагностирования.

3. Выбор шага квантования измеряемых и реализуемых параметров управления должен быть проведен на основании критерия, характеризующего величину вносимой тем или иным действием погрешности в конечные показатели процесса диагностики.

4. Определено, что блок управления МИКАС 5.4 содержащий в своем составе подсистему диагностики совместно с контроллером *CCU6225-G* позволяет реализовать режим дистанционной диагностики двигателя тягово-транспортного средства с задержкой обмена данными равной 2 с, что не оказывает влияние на эффективность процесса.

5. Для сервисных станций технического обслуживания, описываемых вероятностными системами массового обслуживания с отказами, получены обобщенные оптимальные ресурсосберегающие сочетания между плотностью потока требований  $\lambda_{opt}$  и интенсивностью их обслуживания  $\mu_{opt}$  на всем возможном диапазоне их изменения  $\lambda_{opt}=0...14$  и  $\mu_{opt}=0...14$ . Полученные значения  $\lambda_{opt}$  и  $\mu_{opt}$  позволяют обосновать оптимальные ресурсосберегающие параметры соответствующих сервисных систем по производственной и технической эксплуатации машин.

6. Основной организационной формой использования агрегатов является групповая работа в виде технологических комплексов, описываемых замкнутыми системами массового обслуживания, для которых получены эффективные сочетания числа обслуживающих агрегатов  $m=1...4$  при всех сочетаниях  $\alpha=\lambda/\mu=0,1...3,0$  плотности потока требований и интенсивности их обслуживания.

7. Взаимосвязанная работа средств диагностирования и технического обслуживания машин описывается двухфазной системой массового обслуживания, для которой установлены рациональные сочетания плотности потока требований  $\lambda$  и интенсивности их обслуживания в первой  $\mu_1$  и второй  $\mu_2$  фазах. При этом для каждого конкретного случая устанавливается количество машино-мест и обслуживающего персонала для диагностирования и технического обслуживания.

8. Практическое применение полученных общих результатов исследования обеспечивает существенное повышение эффективности работы сервисных станций технического обслуживания по производственной и технической эксплуатации машин.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Полезная модель. №20056652. Способ организации заряда легких транспортных средств с электротягой/ Дидманидзе О.Н., Иванов С.А., Мельник Г.В. 2004.
2. Полезная модель. № 20047654. Устройство дистанционной диагностики силового оборудования тягово-транспортных средств/ Дидманидзе О.Н., Иванов С.А., Мельник Г.В. 2004.
3. Дидманидзе О.Н., Иванов С.А., Мельник В.Г., Хоменко Д.А. Предпосылки дистанционной диагностики накопителя энергии тягово-транспортного средства с комбинированной энергоустановкой. Объединенный научный журнал, 2004, №26.
4. Дидманидзе О.Н., Иванов С.А., Асадов Дж.Г., Мельник В.Г. Системы диагностирования автомобилей. Объединенный научный журнал, 2005, №1.
5. Дидманидзе О.Н., Митягин Г.Е., Андреев О.П., Егоров Р.Н., Асадов Дж.Г., Чупеев Я.В., Мельник В.Г. Диагностика и техническое обслуживание систем автомобилей. Методические указания по выполнению лабораторных работ. Часть III. М.: - ФГОУ ВПО МГАУ, 2004. – 53 с.

Подписано к печати

Формат 68x84/16

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Уч.-изд. л.

Тираж 100 экз.

Заказ №

Отпечатано в лаборатории

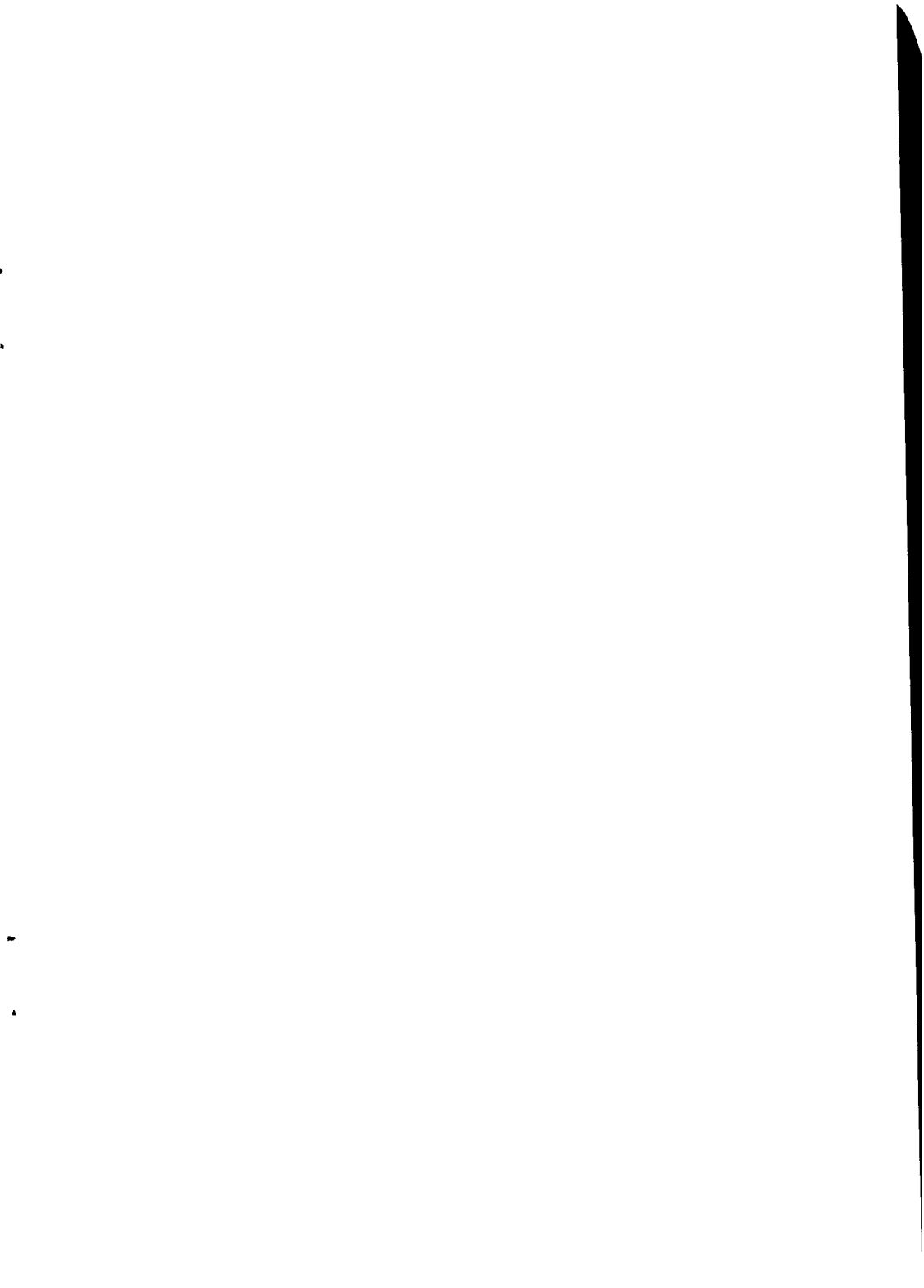
оперативной полиграфии

Московского государственного

агроинженерного университета

им. В.П. Горячкина

127550, Москва, Тимирязевская, 58



№ 11580

РНБ Русский фонд

2006-4

7630