

ходит при малых колебательных перемещениях плотно контактирующих поверхностей при наличии коррозии. Для возбуждения фреттинг-коррозии достаточны относительные перемещения поверхностей порядка 0,025 мкм. В этих условиях смазка выжимается из области контакта, и оксидные пленки на контактирующих поверхностях разрушаются. Повреждение этого вида состоит в образовании и отделении мелкодисперсных частиц оксидов. Является типичным для таких элементов конструкций, как посадочные поверхности корпусов, зубчатых колес, валов, втулок, стаканов, а также болтовые, штифтовые и заклепочные соединения.

Таким образом, элементы трансмиссии горных машин постоянно работают в режиме интенсивного износа, который зависит от большого

количества эксплуатационных и конструктивных факторов. Каждый из этих факторов изменяется в значительных пределах и присутствует в любых случайных сочетаниях. Поэтому долговечность деталей, узлов и машины в целом целесообразно устанавливать статистическими методами исследования.

Для повышения срока службы редукторов горных машин необходимо использовать оптимальный подбор коэффициентов смещения производящего исходного контура зубчатых колес. Из опыта известно, что чем выше точность изготовления колес, валов и корпусных деталей, тем выше долговечность редуктора. Однако необходимо руководствоваться соотношением цены и качества, которые приемлемы для заказчика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенча П.В., Зислин Ю.А. Редукторы горных машин. Конструкции, расчет и испытания. – М.: Недра, 1990. – 236 с.
2. Русихин В.И. Эксплуатация и ремонт механического оборудования карьеров. – М.: Недра, 1982. – 213 с.
3. Дефекты зубчатых передач редукторов / Маликов А.А., Лихошерст В.В., Шалобаев Е.В. // Справочник. Инженерный журнал. – М.: Спектр, 2011. – №9 (174) – приложение.

†Автор статьи:

Ковальчук
Светлана Николаевна
ст. преп. каф. технологии машино-
строения КузГТУ
E-mail: ksntma@mail.ru

УДК 62-235:629.353+629.3.083.4

Ю.А. Власов, Н.Т. Тищенко

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗНАШИВАНИЯ РЕДУКТОРОВ МОТОР-КОЛЕС АВТОСАМОСВАЛОВ БЕЛАЗ ПО ПАРАМЕТРАМ РАБОТАЮЩЕГО МАСЛА

Кафедрой «Автомобили и тракторы» Томского государственного архитектурно-строительного университета были проведены исследования технического состояния РМК автосамосвалов БелАЗ-7519, -75191 в условиях эксплуатации ОАО «Разрез Киселевский» Кузбасса.

При выполнении этих исследований была применена оценка технического состояния РМК методом ЭСАМ на базе информации, заключенной в пробах работающего масла [1, 2]. Вместе с тем, дополнительная информация от методов инструментальной диагностики позволила применить комплексный подход к оценке технического состояния РМК. Статическая нагруженность определялась величиной суммарных угловых зазоров (люфтов) $\Delta\phi$ зубчатого зацепления первого и второго ряда планетарной передачи РМК в целом [3].

Закономерности процесса изнашивания РМК выражаются корреляционной связью между химическими элементами, циркулирующими с работающим маслом, а зависимости между химиче-

скими элементами состава деталей и продуктов загрязнения можно подразделить на 3 группы:

I группа – между элементами износа и загрязнения масла: $Fe=f(Si)$, $Cu=f(Si)$, $Cu=f(Fe)$;

II группа – между элементами загрязнения масла, попадающими с дорожной пылью: $Al=f(Si)$;

III группа – между элементами, входящими в состав конструкционных материалов трущихся деталей: $Fe=f(Cr)$, $Fe=f(Ni)$, $Ni=f(Cr)$, $Pb=f(Cu)$.

Для анализа закономерностей процессов изнашивания, первоначально определяется качественный состав дорожной пыли в данных условиях эксплуатации, т.е. II группа зависимостей.

Химический состав атмосферной пыли, в основном состоит из окислов Si и Al . Аналитическое выражение зависимости между концентрациями $Al-Si$ в работающем масле РМК описывается уравнением: $Al = 0,423Si - 6,97$.

Высокое значение коэффициента корреляции $r=0,96$ свидетельствует о достаточно тесной, близ-

кой к функциональной, связи между этими элементами. Основное значение в зависимости $Al=f(Si)$ имеет угловой коэффициент уравнения. Свободный член уравнения характеризует первоначальную загрязненность масла и, поэтому, особого интереса не представляет. Так как в материале трущихся деталей РМК практически отсутствуют Si и Al , то можно сделать заключение о постоянстве этой зависимости для региона карьерных разработок Кузбасса.

Угловой коэффициент 0,423 определяет степень влияния минералогического состава на износ деталей РМК, где до 70 % – SiO_2 и около 30 % – Al_2O_3 .

При применении абразивной модели изнашивания, которая отражает I группу зависимостей, следует учитывать непропорциональное поступление элементов износа и загрязнения в работающее масло. При этом износ однотипных деталей имеет достаточно большой разброс, и оценить влияние абразивных элементов на износ можно только с помощью общих закономерностей.

Для РМК автосамосвалов БелА-7519, -75191, эксплуатирующихся на масле М-14В₂, аналитические зависимости абразивного износа между концентрациями Fe , Si и Cu будут иметь вид:

$$Fe = 3324e^{-0,48Si} + 0,1Si + 6848; \quad (1)$$

$$Cu = 446,76e^{-2,19Si} + 0,08Si + 212; \quad (2)$$

$$Cu = 275e^{-1,1Fe} + 0,025Fe + 172,8. \quad (3)$$

Первая, экспоненциальная часть зависимости (1) характеризуется значительным возрастанием концентрации Fe при относительно небольшом возрастании концентрации Si в масле. Эта область находится в пределах содержания Si до 900 г/т, а содержание Fe в масле, характеризующее износ шестерен, в этой области изменяется до 6000 г/т. При увеличении Fe содержание Si при исправном уплотнении редуктора имеет небольшой рост. Такая связь между элементами Fe и Si свидетельствует о незначительном влиянии содержания Si на износ деталей РМК. Однако основное влияние на износ в этой области будет определяться противоизносными свойствами масла. Поэтому, ее можно считать областью нормального износа.

Вторая, линейная часть зависимости, характеризует насыщение РМК продуктами загрязнения. При значительном возрастании концентрации Si , вследствие нарушения герметичности уплотнений РМК, происходит относительно небольшой рост концентрации Fe в масле. Это объясняется тем, что большое содержание Si в масле приводит к интенсивному износу деталей РМК, при котором большое количество частиц износа имеют крупные размеры, и не фиксируются при спектральном анализе масла. Минимальное содержание Fe в работающем масле весьма высокое – достигает 6000 г/т и более. Таким образом, вторую область следует считать областью повышенного или аварийного износа. Эта область характеризует также

и предельную загрязненность масла. Работа редуктора в этой области приводит к резкому снижению его долговечности и, поэтому, недопустима.

Теснота связи ($r=0,62$) между Fe и Si объясняется непропорциональным ростом содержания концентрации этих элементов в работающем масле.

Для оценки долговечности подшипников воспользуемся абразивной моделью изнашивания.

Так как, основным элементом латунных сепараторов подшипников является Cu , то основная зависимость износа будет иметь вид (2). Однако крупные частицы износа также имеют явно выраженное абразивное действие, а поэтому, следует учитывать и зависимость (3).

Характер изменения зависимостей (2) и (3) в их первой части определяется экспоненциальным законом. Эта область находится в пределах содержания Si до 320 г/т и Fe до 3200 г/т. Абразивное изнашивание начинается с первым поступлением дорожной пыли, в то время как действие Fe на изнашивание подшипников происходит при достижении определенной концентрации (1000 г/т). В обоих случаях, содержание Cu в масле изменяется в пределах от 0 до 220 г/т. Коэффициент корреляции $r_{Si,Cu}=0,58$ и $r_{Fe,Cu}=0,54$ характеризует непропорциональный рост содержания этих элементов. Следовательно, эта область является областью нормального износа деталей.

Вторая часть зависимости описывается линейным уравнением и носит такой же физический смысл, что и при изнашивании железосодержащих деталей РМК. Содержание Cu весьма высокое (более 170 г/т) и характеризует область повышенного или аварийного износа.

В процессе эксплуатации, при отсутствии надлежащего технического контроля, как правило, техническое состояние РМК обусловлено неработоспособными сапунами, изношенными манжетами и порванными уплотнениями. Содержание Si таких РМК в 2,69 раза выше, чем в РМК с удовлетворительной герметичностью ($C_{Si}=0,032\%$). Поэтому, уровень технической эксплуатации, должен быть основополагающим для повышения долговечности агрегатов машин. Техническая эксплуатация РМК выполнялась в двух качественных уровнях: I-м уровнем была принята рядовая эксплуатация редуктора на основе внешнего осмотра, контроля температуры корпуса редуктора «на ощупь», без своевременной замены масла и промывки редуктора; II-м уровнем была принята эксплуатация с промывкой масляной системы редуктора, заменой масла, полным перечнем работ по техническому обслуживанию согласно инструкции по эксплуатации [4], углубленной диагностикой работающего масла методами физико-химического и спектрального анализа масла на фотометрической установке МФС-7, инструментальным контролем статической нагруженности

зубчатых передач.

При оценке влияния эксплуатационных факторов на износ, использовались уравнения множественной регрессии. Основным элементом, характеризующим износ стальных зубчатых пар трения, выбран химический элемент Fe .

В качестве основных факторов, влияющих на износ РМК в эксплуатации, приняты:

- уровень загрязнения работающего масла, который характеризуется содержанием концентрации абразивных частиц в дорожной пыли;
- техническое состояние механической части самого РМК, оцениваемое по суммарным угловым люфтам.

По каждому из этих факторов определялись линейные (частные) коэффициенты корреляции, анализ которых позволил определить тесноту связи с различными эксплуатационными факторами. При этом износ лучше всего определять не средним содержанием химических элементов в масле, а их скоростью поступления в работающее масло, т.к. этот показатель учитывает срок службы масла в РМК.

Математические модели скоростей изнашивания стальных зубчатых пар трения U_{Fe} , полученные в результате подстановки средних значений концентрации кремния (\bar{m}_{Si}) и суммарного углового люфта (\bar{m}_φ), выражаются формулами:

I уровень (рядовая эксплуатация):

$$U_{Fe} = 0,038\bar{m}_{Si} + 0,38\bar{m}_\varphi - 10,01;$$

II уровень (подконтрольная эксплуатация):

$$U_{Fe} = 0,014\bar{m}_{Si} + 0,06\bar{m}_\varphi + 5,44.$$

Для определения математической модели износа подшипников принят элемент-индикатор Cu . По вышеописанной методике расчета для II-го уровня получаем 2-х факторную модель скорости износа:

$$U_{Fe} = 0,0003\bar{m}_{Si} + 0,054\bar{m}_\varphi - 1,41.$$

Основными эксплуатационными факторами в уравнении были приняты загрязнения (Si) и суммарный люфт (φ), который интегрально характеризует статическую нагруженность зубчатых зацеплений и может учитывать влияние перекосов сепараторов подшипников.

Задаваясь значениями факторов, расчетным путем определялась скорость изнашивания шестерен при разных уровнях технического состояния РМК и данном уровне загрязненности работающего масла. Так, если интенсивность поступления Fe в масло РМК при II-м уровне эксплуатации в среднем составляет по группе автомобилей 6,4 г/10⁴ км, то в рядовых условиях (I-й уровень) она может увеличиться до 2,5 раз. При этом достаточно сильное влияние на снижение долговечности узлов и деталей оказывает рост Si в циркулирующем масле. Вязкость, определяющая исходные свойства масла, при аппроксимации данной математической модели оказалась мало влияющим

фактором на процесс изнашивания и не была учтена.

Метод ЭСАМ позволяет определять качественные показатели видов изнашивания с помощью отношения исследуемого параметра к параметру на него влияющего. Так для оценки влияния абразива на износ металлических деталей принималась модель вида:

$$\Pi_{abp} = \bar{m}_{Me} / \bar{m}_{Si}, \quad (4)$$

где \bar{m}_{Me} , \bar{m}_{Si} – математические ожидания плотностей распределения индикаторов износа металлических деталей (Me) и Si в масле. Такую модель можно интерпретировать для учета влияния и других показателей при влиянии иных параметров на процессы изнашивания деталей РМК.

Было установлено, что поступление элементов износа и загрязнений в масляную систему бортовых редукторов хорошо аппроксимируются уравнениями прямой линии.

Для II-го уровня подконтрольной эксплуатации РМК уравнения принимали вид:

- износ шестерен зубчатых колес, шлицевых соединений зубчатых колес и торсионного вала:

$$Fe = 1048 + 0,22l;$$

- износ сепараторов подшипников:

$$Cu = 111 + 0,01l;$$

- герметичность соединений корпуса редуктора: $Si = 113 + 0,02l$.

Для I-го уровня эксплуатации рассчитанные уравнения износа деталей РМК:

$$Fe = 4413 + 0,12l;$$

$$Cu = 207 + 0,01l;$$

$$Si = 404 + 0,01l.$$

Результаты анализа процесса накопления Fe , можно свести к следующим выводам. Скорость поступления Fe в масло в процессе эксплуатации РМК с его промывкой, в 1,7 раза выше, чем у автомобилей без промывки РМК, что свидетельствует о присутствии мелкодисперсной фазы продуктов износа, а также об отсутствии крупных частиц Fe , которые появляются при усталостных разрушениях деталей и практически не фиксируются ЭСАМ. Первоначальная загрязненность масла II-го уровня эксплуатации РМК, в 4,2 раза меньше, т.к. замена масла ведет к удалению частиц износа. За период наблюдения РМК на пробеге до 10 тыс. км, накопление Fe происходит за счет нормального износа поверхностей деталей, т.к. в этих пределах (до 6000 г/т) находится зона нормального износа. О целесообразности промывки РМК свидетельствует и показатель вида износа

$$\Pi_{Fe,TO} = \bar{m}_{FeI} / \bar{m}_{FeII},$$

где \bar{m}_{Fe} – математическое ожидание, которое характеризует среднее значение параметра Fe в зависимости от технического состояния агрегата. Установленный показатель данного вида $\Pi_{Fe} = 2,7$, свидетельствует о том, что подкон-

трольная эксплуатация РМК с промывкой агрегата позволяет снизить значение концентрации элемента Fe в 2,7 раза, по сравнению с эксплуатацией без промывки.

Сезонная эксплуатация машин также может быть оценена показателем износа, который определяется отношением:

$$\Pi_{Fe, сез.} = \bar{m}_{Fe, лето} / \bar{m}_{Fe, зима} = 1,15.$$

В летний период рядовой эксплуатации интенсивность поступления железа увеличивается в 2,16 раза, а при условии подконтрольной эксплуатации РМК отношение концентрации Fe зимы к лету можно снизить до 3 раз.

Такие показатели объясняются абразивным воздействием Si на изнашивание деталей РМК (4). Так, в среднем, содержание Si в летний период рядовой эксплуатации РМК составляет 0,096%, а в зимний период – 0,042%, т.е. загрязненность масляной системы РМК окислами Si зимой снижается в 2,3 раза.

Процесс накопления Cu в масле РМК имеет аналогичный характер с процессом накопления Fe . Различные уровни технического обслуживания и влияние сезона эксплуатации также определяются показателями вида износа:

$$\Pi_{Cu, TO} = \bar{m}_{CuI} / \bar{m}_{CuII} = 1,5,$$

$$\Pi_{Cu, сез.} = \bar{m}_{Cu, лето} / \bar{m}_{Cu, зима} = 1,3.$$

Следовательно, при исследовании закономерностей процессов изнашивания необходимо учитывать влияние уровней технического обслуживания в период эксплуатации РМК.

На основании анализа показателей видов износа и зависимостей процесса накопления элементов износа и загрязнения было выявлено существенное влияние качества технического обслуживания на долговечность хромоникелевых шестерен и латунных сепараторов подшипников. В условиях рядовой эксплуатации интенсивность поступления Fe в масляную систему составляет 14,5 г/ 10^4 км; Cr – 0,119 г/ 10^4 км; Ni – 0,156 г/ 10^4 км; Cu – 0,455 г/ 10^4 км; Pb – 0,155 г/ 10^4 км. При подконтрольном уровне эксплуатации интенсивность поступления элементов в масло снижается по Fe в 1,88 раза; по Cr – 1,76; по Ni – 2,12; по Cu – 1,20; по Pb – 2,00 раза соответственно. Высокое содержание концентраций металлов при обычных условиях эксплуатации объясняется наличием абразивного воздействия, а также «вымыванием» Pb из сплава латунных сепараторов подшипников вследствие их коррозионного изнашивания.

В процессе исследований установлено, что интенсивность поступления химических элементов в систему смазки находится в прямой зависимости от величины утечек масла из РМК.

Для РМК с коэффициентом утечек до 30% на 10^3 км пробега скорость поступления химических элементов в масляную систему составляет: для Fe – 11,30 г/ 10^4 км; для Cr – 0,48 г/ 10^4 км; для Ni – 2,44 г/ 10^4 км; для Cu – 0,59 г/ 10^4 км; для Pb – 0,42

г/ 10^4 км. При возрастании величины утечек более чем на 30% на 10^3 км пробега скорость поступления индикаторов износа увеличивается для Fe в 4,4 раза, для Cr в 2,5 раза, для Ni в 3,1 раза, для Cu в 1,9 раза, для Pb в 2,4 раза. В случае больших утечек масла из РМК скорость поступления химических элементов хромоникелевых деталей увеличивается в среднем в 3,3 раза, а латунных в 2,15 раза. В данную группу элементов входят и элементы, поступающие в масло от деталей, РМК которых находятся в аварийном состоянии.

Изменение показателей видов изнашивания (4) свидетельствует о наличии вполне определенной связи между качеством ТО, техническим состоянием агрегата и долговечностью. Уровни эксплуатации оказывают существенное влияние на абразивное изнашивание деталей РМК из сталей и коррозионное изнашивание деталей из цветных металлов. При II-ом уровне эксплуатации отношение $\bar{m}_{Fe} / \bar{m}_{Si}$ снижается в 1,2 раза, а отношение $\bar{m}_{Pb} / \bar{m}_{Cu}$ – в 2,2 раза.

Отношение $\bar{m}_{Pb} / \bar{m}_{Cu}$, в соответствии с теоретическими нормами для сепараторов подшипников, выполненных из латуни ЛС58-2, находится в пределах 0,025...0,052. Условия эксплуатации II-го уровня позволяют поддерживать величину этого отношения в пределах 0,076, что дает отклонение от максимального теоретического в 1,4 раза. При этом отсутствие контроля при эксплуатации РМК (I-й уровень) приводит к увеличению данного отношения в 1,9...2,5 раза за счет вымывания свинца из латуни за счет избирательной коррозии.

Величинами показателей процесса изнашивания в зависимостях $Fe=f(Cr)$, $Fe=f(Ni)$, $Ni=f(Cr)$ являются отношения теоретического содержания компонентов металла в сплавах 20Х2Н4А, 20ХН3А, из которых изготовлены зубчатые колеса РМК, к фактическому содержанию металла в смазочном масле редуктора. Так для стали 20ХН3А показатель $\bar{m}_{Fe} / \bar{m}_{Ni}$ не должен превышать 34,9. Экспериментально полученная зависимость данного показателя для II-го уровня позволила определить его величину, равную 34,1, что не превышает теоретического значения. Максимальное теоретическое значение $\bar{m}_{Fe} / \bar{m}_{Cr}$ равно 165,2. Подконтрольный уровень эксплуатации, имея показатель $\bar{m}_{Fe} / \bar{m}_{Cr} = 163,1$, не превышает заданного значения этого показателя. Подконтрольная эксплуатация по химическим элементам $Ni - Cr$ II-го уровня не выходит за пределы теоретического отношения показателя $\bar{m}_{Ni} / \bar{m}_{Cr} = 2,9$.

Если угловой коэффициент выше представленных отношений будет меньше или больше теоретического значения, то процесс изнашивания поверхности либо произошел, т.е. детали находятся на стадии разрушения и крупные частицы металла плохо фиксируются ЭСАМ, либо только начинается, что отмечалось рядовыми условиями

эксплуатации. В этом случае наиболее оптимальным является использование физико-химических методов анализа масла для оценки состояния РМК.

При физико-химических методах анализа масла определяются следующие параметры: вязкость, температура вспышки, содержание воды, механические примеси, зольность и диспергирующие свойства работающего масла.

В процессе эксплуатации РМК происходит заметное увеличение зольности масла и негорючих примесей. При этом наблюдается небольшое снижение диспергирующих свойств и температуры вспышки масла.

Рост негорючих примесей и зольности масла обусловлен плохой герметичностью РМК и, соответственно, повышенным содержанием *Si* и продуктов износа. На такой рост также влияет и срабатывание диспергирующих присадок. Следовательно, качественное выполнение ТО будет влиять на долговечность РМК и качественные свойства применяемого масла. При отсутствии промывки в РМК механические примеси и зольность достигали для некоторых автомобилей до 2,8% и 5,9% соответственно. Промывка РМК при регламентной замене масла снижает загрязненности механическими примесями у таких автомобилей в 26 раз и зольности в 17 раз соответственно.

Изменение вязкости масла ν_{100} (от 11 до 23 $\text{мм}^2/\text{с}$) в процессе работы РМК протекает, как правило, в двух противоположных направлениях. С одной стороны, масло в зимнее время при проведении ТО разжижают маловязкими индустриальными маслами, что уменьшает вязкость. С другой стороны – в масле протекают процессы окисления и полимеризации, что ведет к росту вязкости.

Анализ физико-химических показателей масла по их средним значениям позволил определить как влияние уровней эксплуатации, так и влияние сезона эксплуатации. В частности, в летний период (апрель-октябрь) содержание зольности и ме-

ханических примесей в работающем масле повышается в 1,5 и 1,3 раза соответственно. Проведение промывки РМК и работа на свежем масле снижает загрязненность масла по зольности в 1,5 раза, а по механическим примесям в 2,0 раза. При II-ом уровне эксплуатации кинематическая вязкость имеет среднее значение по группе автомобилей $\nu_{100}=13,5 \text{ мм}^2/\text{с}$. Снижение вязкости в 1,35 раза в зимнее время, можно объяснить только доливами маловязких масел. Температура вспышки и диспергирующие свойства масла мало изменяются в процессе эксплуатации и имеют средние значения $T_{\text{всп}} \approx 172^\circ\text{C}$ и $D\text{C} \approx 0,87$ балла

В итоге исследований закономерностей процессов изнашивания РМК автосамосвалов БелАЗ-7519, -75191 можно сделать следующие выводы:

1. Ресурс «критических» деталей в рядовых условиях эксплуатации снижается для солнечной шестерни первого ряда в 1,3 раза, для подшипников сателлитов - в 1,5. При этом, основными причинами отказов являются процессы абразивного изнашивания и усталость металла, обусловленные неудовлетворительным техническим состоянием РМК из-за низкого качества их техобслуживания. Усталость металла характеризуется недостаточной контактной выносивостью зубьев шестерен.

2. Существенное влияние на интенсивность изнашивания зубчатых передач оказывает повышенная концентрация *Si* в масле и величина суммарного углового зазора РМК, а на износ подшипников дополнительное разрушающее воздействие оказывают крупные частицы износа стальных деталей РМК.

3. Техническая эксплуатация РМК с полным перечнем комплекса всех предлагаемых видов работ по обслуживанию позволит снизить до минимума непредвиденные простой техники по аварийным причинам и увеличить фактическую межремонтную наработку автосамосвалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хорешок А.А. Метод комплексного диагностирования редукторов мотор-колес карьерных автосамосвалов в условиях предприятий ОАО «УК Кузбассразрезуголь» / А.А. Хорешок, А.В. Кудреватых // Горная промышленность. – 2010. – №5 (93). – С. 60-64.
2. Соколов А.И. Применение эмиссионного спектрального анализа масла для оценки износа и свойств работающего масла / А.И. Соколов, Н.Т. Тищенко – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1979. – 208 с.
3. Некоторые результаты диагностирования редукторов мотор-колес автосамосвалов БелАЗ / Ю.А. Власов, Н.Т. Тищенко, С.А. Земляной. // Вестник КузГТУ. – 2011. – № 2. – С. 63– 66.
4. Циперфин, И.М. Техническое обслуживание и ремонт автосамосвалов БелАЗ / И.М. Циперфин, А.Н. Ка зарез. – М.: Высш. школа, 1982. – 304 с.

□Авторы статьи::

Власов

Юрий Алексеевич,
канд.техн.наук, доцент, докторант
каф. «Автомобили и тракторы»
(Томский государственный архитек-
турно-строительный университет)..
Email:yury2006@yandex.ru

Тищенко

Николай Терентьевич,
канд.техн.наук, профессор, зам. зав.
каф. «Автомобили и тракторы»
(Томский государственный архитек-
турно-строительный университет).
Tel. (3822) 65-31-16