ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

Издается с мая 1930 года

УЧРЕДИТЕЛИ:
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ОАО "АВТОСЕЛЬХОЗМАШ-ХОЛДИНГ"

АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

№ 11 • ноябрь • 2011

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 334

Мировой опыт кластеризации автомобильной промышленности

А.Н. РАССКАЗОВА

МГТУ имени Н.Э. Баумана (8.903. 765-84-94)

Развитие экономики любого государства связано с обеспечением конкурентоспособности его промышленности. И одной из новых технологий обеспечения конкурентоспособности последней является ее кластеризация. Автомобилестроение с этой точки зрения — не исключение. Поэтому в статье рассмотрены различные модели кластеров, а также возможность их применения в России.
Ключевые слова: *кластер, промышленные кластеры, автомобильный кластер, модель, технологии, поставщики.*

Rasskazova A.N.
WORLD EXPERIENCE OF AUTOMOBILE INDUSTRY CLUSTERING

Economic development of any country due to the competitiveness of its industries. One of the new technologies for competitiveness is the clustering of industries. Automotive is no exception. The article considers various models of the clusters, as well as their application in Russia.
Keywords: *cluster, industrial cluster, automotive cluster, model, technology, suppliers.*

В последнее время концепция промышленных кластеров стала одним из отправных пунктов в формировании конкурентоспособности экономики государства. То есть становится очевидной необходимость развивать не изолированные предприятия и отрасли, а кластеры, основанные на географической интеграции взаимосвязанных производств, создавая при этом условия для формирования производственных связей между поставщиками, производителями, образовательными учреждениями, НИИ, финансовыми институтами, консалтинговыми центрами и другими организациями. Потому что в результате этого повышается конкурентоспособность и производительность участников кластера, снижаются затраты, обеспечивается занятость населения и консолидируются интересы сторон, увеличиваются гибкость и потенциал при создании новых продуктов, технологий и рынков. И государства, особенно развитые, не упускают этих возможностей.

Так, в странах Западной Европы промышленные кластеры сформировались еще в 1950—1960-е годы. К примеру, в Германии ключевыми промышленными кластерами тогда стали химический и машиностроительный, во Франции — кластер по производству продуктов питания и косметики. Результат: взаимодействие групп отраслей внутри кластеров способствовало росту занятости, инвестиций и ускорению распространения передовых технологий в национальной экономике. Сейчас же на территории Западной Европы действует множество различных кластеров. Более того, если до недавнего времени промышленные кластеры были, как сказано выше, привилегией развитых стран, то в последние годы появляются они и в странах развивающихся. В частности, автомобильные кластеры уже сложились в Восточной Европе (Словении и Венгрии; в Польше, Чехии и Словакии фирмы "Фольксваген", ФИАТ, "Пежо-Ситроен" и "Тойота" организовали ряд производств деталей и запасных частей); в Мексике представлены заводы всех мировых производителей, лидирующие позиции среди которых занимают американские концерны "Дженерал Моторс", "Форд" и "ДаймлерКрайслер"; в Индии основали свои производства многие автомобилестроители и их поставщики первого уровня ("Дельфи", "Вистеон" и др.); в России, на территории Поволжья, формируется автомобильный кластер, объединивший ВАЗ, "ИжмашАвто", "РосЛада".

Такова общая картина на сегодня. Рассмотрим ее более подробно.

Начнем с *автомобилестроения Германии*. Ведущие производители автомобилей в Германии — "Фольксваген", включая (с 1964 г.) "Ауди"; "ДаймлерКрайслер", включая "Мерседес-Бенц"; БМВ; "Порше"; "Форд" и "Опель"; производители грузовых автомобилей, сельскохозяйственных машин и автобусов ("Кёссборер", "Неоплан", "Ивеко", "Джон Дир", "Эвобус", "Мерседес-Бенц"). Кроме того, сюда же можно отнести прямых поставщиков — "Бер", "Бош", "Эбершпахер", "Кнехт", "Цанрадфабрик", которые выпускают на своих 194 заводах готовые компоненты для АТС. Наконец, в Германии существует большое число средних и малых поставщиков (в основном это семейные компании).

Рис. 1

Схема типичного немецкого кластера приведена на рис. 1.

Основная часть автомобильных компонентов производится внутри кластера. Отношение к нему имеет более 2 тыс. предприятий, включая вспомогательных поставщиков, дистрибьютеров и производителей специализированных машин. Причем отрасли в кластере работают по принципу субподряда.

Для немецкого кластера характерно то, что наиболее серьезную роль в деле его развития играют предприятия электронной промышленности (их ~1 тыс.). Это обусловлено тем, что, по прогнозам, к 2015 г. на долю электронных компонентов в небольшом легковом автомобиле будет приходиться 40 % общих затрат.

В регионе также присутствуют ведущие фирмы таких секторов, как авиация и аэронавтика (например, ЕАДС, ДАСА, "Цеппелин Люфтшиффтекник"). Технологии, используемые в данных секторах, и опыт в области инженерной механики активно способствуют развитию кластеров.

Типичный пример немецких автомобильных кластеров — кластер в Баден-Вартемберге, который начал зарождаться еще в 1950-е годы, когда американская фирма "Студебеккер" инвестировала в строительство нового завода "Порше" по производству первых немецких серийных спортивных автомобилей (их конструкция наполовину состояла из деталей "Фольксваген"), заключила контракт на поставку комплектующих деталей этой фирмой и организовала реализацию автомобилей через их общую сеть. Автомобильные конструкторские бюро, созданные в земле Баден-Вюртемберг в начале XX века, — одни из самых первых кластеров в истории автомобилестроения.

Основной отличительной чертой *японской* модели промышленного кластера является ведущая роль крупной фирмы, находящейся на передовом рубеже новых технологий. Яркий пример японской модели — фирма "Тойота". Для создания автомобильного кластера у нее были следующие предпосылки.

Во-первых, наличие предпринимательской идеи (на период начала создания кластера в Японии не существовало собственного автомобильного бизнеса) и технологий в текстильной промышленности, средства от продажи которых сформировали начальный капитал. Во-вторых, спрос на более дешевую продукцию со стороны США (американо-корейская война в 1950-е годы) и как следствие этого — поток инвестиций. В-третьих, активная государственная поддержка.

В итоге родилась такая структура автомобильного кластера.

Фирма-лидер изготовляет конечный продукт и создает спрос на компоненты, что дает жизнь множеству небольших фирм-поставщиков, организованных по принципу "пирамиды". То есть поставщики делятся на несколько уровней (первого, второго и т. д.). При этом головная фирма непосредственно взаимодействует только с поставщиками первого уровня, число которых ограничено (как правило, их не более 300). На втором уровне число поставщиков увеличивается до 5 тыс., на третьем — до 20 тыс.

Поставщики первого уровня фирмы "Тойота" образуют специальные неформальные объединения, ассоциации содействия, в рамках которых координируются действия в области использования общей производственной системы и разработки новой продукции. Эти ассоциации отстаивают интересы поставщиков перед головной фирмой.

Таким образом, японская модель в наибольшей степени применима для производства технологически сложной продукции. Ее разработка требует высоких постоянных издержек, которые могут окупиться только при широкомасштабном объеме продаж.

Процесс производства характеризуется большим количеством связей в рамках технологической цепочки, которую головная фирма замыкает и одновременно осуществляет "интеграцию" всех отдельных производителей.

Особенность *североамериканской* модели состоит в наличии жесткой конкуренции между фирмами одного уровня, что является основным фактором развития кластера. Такая конкуренция между участниками кластера стимулирует инновации, нацеленные на повышение эффективности производственных процессов, системы менеджмента, сбыта и т. д. Кроме того, имеет место и конкуренция на рынке труда за более квалифицированную и образованную рабочую силу: рабочая сила в США, как известно, очень мобильна, поэтому фирмы переманивают кадры друг у друга.

Высок в США и уровень предпринимательской активности: работники покидают работодателя и создают собственные фирмы, осуществляющие деятельность в той же отрасли. В результате происходит копирование технологий конкурентов, которое имеет для развития кластера значение не меньшее, чем инновации: циркуляция опыта и идей между фирмами приводит к дальнейшим инновациям.

Для кластеров, состоящих из мелких и средних фирм, характерна вертикальная интеграция. Это опять же связано с усилением конкурентоспособности, которая является следствием сосредоточения всех этапов производственного процесса в руках одной фирмы и получения экономии от масштаба производства продукции.

Американская модель применима в случае, если производственный процесс не предполагает налаживание тесных взаимосвязей между предприятиями. Главное в продукте — его низкая себестоимость. Она достигается за счет конкуренции между поставщиками в кластере, а также за счет массового производства у головной фирмы. Промышленный кластер такого типа — автомобилестроительный Детройт (рис. 2).

Американская модель предполагает различную структуру кластера. Это может быть "пирамида", в которой существует одна или несколько крупных фирм и широкая сеть поставщиков. Но может быть и простое

Фирмы, входящие в кластер	Связи между фирмами	Пример
Множество мелких и средних компаний		Кластер по производству пластмассы в Массачусетсе
Несколько крупных фирм и множество мелких и средних, которые являются поставщиками		**Автомобильный кластер в Детройте**

Рис. 2

скопление множества мелких фирм, в котором иерархия явно не выражена.

Индийская модель кластера имеет много общего с японской: кластер тоже реализуется в форме пирамиды, но ее вершиной может быть как одна (автомобильный кластер в NCR), так и несколько (фармацевтический кластер в Индоре) фирм. Применима эта модель в экономике, изначально не обладающей ни технологиями, ни опытом ведения деятельности на мировом рынке, ни капиталом для осуществления первоначальных инвестиций, однако имеющей значительный запас дешевых и легкодоступных ресурсов (относительно дешевая рабочая сила, производственные и природные ресурсы). Поэтому в индийской модели первоначальное развитие кластеров происходило исключительно за счет прямых зарубежных инвестиций и активной государственной поддержки. В стране не хватало собственного капитала, необходимого для создания и развития мощных фирм-лидеров в производственной цепочке. Однако она обладала достаточно высокой инвестиционной привлекательностью за счет дешевых производственных ресурсов и прежде всего — наличием и высоко-, и низкоквалифицированной рабочей силы. И, кроме того, тем, что коренное население страны хорошо знает английский язык.

Таким образом, в Индии кластеры первоначально стали развиваться на основе зарубежных фирм, которые при активной поддержке государства становились основным звеном в производственной цепи, занимаясь наиболее высокотехнологичным производством. В то время как маленькие индийские фирмы являлись поставщиками сырья (промежуточного продукта) для них.

В индийской модели ключевую роль играет государство. В связи с отсутствием в стране высокоразвитого производственного сектора оно создало все условия для его активного развития. В частности, жестко ограничивается импорт; создаются технопарки; в правительстве лоббируются интересы производственного сектора; вводятся высокие пошлины между регионами, что позволяет избежать концентрации всех производителей одной отрасли в одном регионе. Кроме того, создаются школы и технические колледжи; упрощается процесс ведения бизнеса в производственных районах (политика "быстрого" лицензирования в фармацевтическом кластере в Индоре), тем самым повышая инвестиционную привлекательность регионов; развиваются инфраструктуры, благодаря чему осуществляется быстрое сообщение между регионами. Государство участвует и в капитале фирм (например, фирма MUL, основное предприятие в кластере NCR, была совместным предприятием индийского правительства и фирмы "Сузуки").

Еще одна особенность организации кластера в Индии — наличие большого числа поддерживающих институтов на самых разных уровнях: мировом, государственном, региональном и местном.

Почти так же происходит кластеризация промышленности в *Китае*. Например, автомобильный кластер в г. Гуанчжоу (провинция Гуандун), охватывающий также и соседние города Фошань, Шуньде и Дунгуан, в настоящее время занимает почти всю территорию провинции: именно здесь разместили свои сборочные производства японские фирмы "Ниссан", "Тойота" и "Хонда". Более того, "Ниссан" и крупнейший китайский автопроизводитель "Донгфенг" выпускают по совместному проекту легковые автомобили "Сани" и "Тиида".

"Ниссан" имеет в своем составе подразделение по разработке инноваций и центр по связям с общественностью. Из 72 поставщиков комплектующих 32 находятся вблизи Гуанчжоу. Они обеспечивают 70 % всех поставок комплектующих.

Многие фирмы, входящие в "Ниссан", в период с 2003 по 2005 г. также перенесли свои производства на территорию Гуанчжоу, среди них "Хитачи" (двигатели), "Кинугава" (изделия из каучука), "Ёрозу" (модули), "Калсоник" (системы кондиционирования), "Фузии" (автомобильные сиденья), "Канто" (кузова) и др.

"Тойота" и "Квангжоу" также имеют совместное предприятие в Гуанчжоу. К примеру, "Тойота" в 2006 г. основала завод в индустриальной зоне Наньша и начала производство легковых автомобилей "Кэмпи" (схема ее производства в Китае приведена на рис. 3) и 13 ее пос-

Рис. 3

Рис. 4

тавщиков первого уровня также располагаются здесь же. Поставщики второго и третьего уровней снабжают автозапчастями и комплектующими не только "Тойота", но и "Ниссан" и "Хонда".

Руководство "Тойота" требует от своих поставщиков размещения производств в непосредственной близости — в Гуанчжоу. Эти поставщики обязаны закупать автокомпоненты у китайских производителей, но последние должны отвечать ее требованиям к качеству и цене и поставлять свою продукцию на автосборочные заводы наравне с японскими фирмами-поставщиками первого уровня.

Большое число фирм, входящих в "Тойота", основали свои предприятия в Гуанчжоу. В их числе "Бошока Фошань" (масляные фильтры), "Такади" (пластиковые компоненты), "Айзин Сейка" (двигатели), "Дайжи Буссан" (изоляционные материале), "Фошань" (кожаные покрытия), "Койо" (подшипники).

Фирма "Хонда" имеет (рис. 4) в кластере два автосборочных завода, которые располагаются в самом центре Гуанчжоу, а производство автокомплектующих — в гуанчжоуской зоне технико-экономического развития — в городах Цзэнчэн и Фошань. Большинство ее поставщиков первого, второго и третьего уровней в период 2001—2005 гг. также перенесли свои предприятия в Гуанчжоу.

Как видим, в мире довольно много успешно работающих автомобилестроительных кластеров. В связи с этим возникают два вопроса: нужно ли внедрять кластеры в России и если нужно, то какую модель?

Попытаемся ответить на них.

В настоящее время экономика России обладает наследственностью в виде советской модели организации промышленности — территориальных производственных комплексов. Эта модель для соответствия ее рыночной экономике и вызовам глобализации нуждается в модификации. И, как видно из сказанного выше, для нее в наибольшей степени подходит индийско-китайская модель организации промышленных кластеров. То есть кластеры должны развиваться за счет привлечения крупных международных фирм. Причем через прямые инвестиции, которые необходимы для освоения передовых технологий и выхода на мировые рынки. Североамериканская же модель обладает самой низкой степенью применимости в России, так как ее эффективность существенно зависит от степени развития рыночных институтов и конкуренции, а переходный характер нашей экономики не позволяет рассчитывать на выполнение этих предпосылок.

Россия может также успешно использовать и японский опыт фирм-лидеров и частно-государственного регулирования экономических процессов. При этом очень важно, чтобы каждый кластер в регионе имел фирму-лидера, которая стала бы основным инициатором развития, а также несла ответственность за эффективность выбранной стратегии.

Кластерная модель развития экономики начинает внедряться и в других странах СНГ. Наиболее успешно эта программа реализуется в Казахстане, где группа американских консультантов во главе с М. Портером провела обширные исследования экономики страны и определила наиболее перспективные кластеры.

В России же фактически идет формирование кластеров в автомобильной промышленности. Активно обсуждается необходимость формирования электронных кластеров. Прежде всего в Московской области и Северо-Западном регионе. Но самым ярким примером формирования кластера, как уже упоминалось, является Поволжье. Там имеет место высокая концентрация (~90 %) автомобилестроения страны на относительно ограниченной территории. Это и создает благоприятные предпосылки для формирования поволжского автомобильного кластера. Тем более что начало формирования этого кластера зародилось еще в 1997 г., когда ВАЗ совместно с администрацией Самарской области начал реализовывать программу по размещению производств комплектующих на промышленных предприятиях области.

Однако надо признать, что формирование промышленных кластеров в России затруднено. И затруднено оно, во-первых, узкими экспертными возможностями отечественной промышленности в целом, доминирующим положением отраслей в сфере добычи и переработки природных ресурсов, наличием отраслей и подотраслей, не охваченных процессами кластеризации. Во-вторых, тем, что при потенциальных возможностях укрепления отечественные промышленные кластеры остаются в настоящее время экономически и организационно слабыми, с неустойчивой и фрагментированной структурой, что обусловлено отсутствием поддерживающих институтов, а также неэффективной системой производственного обеспечения, неразвитостью инфраструктурных организаций и специализированных институтов. В-третьих, ограниченными возможностями расширения взаимодействия малого и среднего производственного предпринимательства, слабым их развитием в целом. И эти затруднения необходимо преодолеть. Причем как можно быстрее. Иначе отечественное автомобилестроение так и останется на "задворках" его мирового развития.

Литература

1. Наролина Т.С. Формирование и развитие кластеров как механизм обеспечения конкурентоспособности экономики региона: автореф. ... дис. канд. экон. наук. Воронеж, 2007.
2. Каданников В.В. Откуда к вам придет прорыв? Российская газета от 26.02.2004.

УДК 331.101.37

Проблемы трудовой мотивации управленческого персонала на предприятиях автомобильной промышленности

С.В. КОРНЕВ

Национальный институт бизнеса (8.499. 374-61-32)

Анализируя особенности мотивации управленцев в рамках различных ее теорий, автор пришел к выводу, что у менеджеров различных уровней управленческих систем преобладают нематериальные стимулы. В связи с этим он предлагает мотивировать управленцев посредством ротации менеджеров, расширения использования кадрового резерва и перспектив карьерного роста.

Ключевые слова: *мотивация, карьерный рост, кадровый резерв, ротация, нематериальное стимулирование.*

Kornev S.V.

PROBLEMS OF JOB MOTIVATION OF MANAGERS AT THE ENTERPRISES OF AUTOMOBILE INDUSTRY

Analyzing the peculiarities of incentives of managers within various theories of motivation, the author comes to a conclusion, that nonmaterial incentives prevail at the managers of various levels of management systems. Therefore, the author proposes to motivate the executives by the rotation of managers, more extensive use of personnel reserve, and carrier development.

Keywords: *motivation, carrier development, personnel reserve, rotation, nonmaterial incentives.*

Человеческие ресурсы — это в общем случае физические и умственные усилия, затрачиваемые работником в процессе его трудовой деятельности. Но говоря о работниках системы управления, мы, в основном, имеем дело с их умственными усилиями, которые определяются, с одной стороны, знаниями и умениями человека, а с другой — совокупностью факторов, формирующих его мотивацию к работе. Причем знания и умения — весьма значимый фактор того, что работник умственного труда (в отличие от оборудования и т. п.) со временем, в процессе трудовой деятельности, становится лишь ценнее, поскольку повышает квалификацию и получает опыт практической деятельности. Мотивация же, являясь процессом стимулирования работников к деятельности, позволяющим достичь целей организации, в случае с менеджерами особенно важна и трудна одновременно. Поэтому их мотивацию, как людей в свою очередь мотивирующих других сотрудников, необходимо осуществлять выверенно и взвешенно, так как допущенные руководителем ошибки "эхом" распространятся на его подчиненных, снижая также и их лояльность к нему и предприятию в целом.

Однако для этого необходимо выбрать правильные факторы, реально мотивирующие работников разных уровней, проводить совершенствование управленческих систем, частью которого является совершенствование системы мотивации менеджеров.

Рассмотрим все эти вопросы подробнее.

Согласно теории иерархии потребностей, разработанной А. Маслоу, люди имеют много разнообразных потребностей, которые можно сгруппировать по пяти категориям, выстроенных в определенной иерархии, впоследствии получившей название "Пирамида Маслоу". Эти категории следующие: физиологические потребности; потребности в защищенности; социальные потребности; потребности в уважении; потребности в самореализации.

Смысл такой иерархии в том, что человек сначала должен удовлетворить потребности низкого уровня, после чего у него возникнет желание удовлетворить и потребности более высоких уровней.

Так, если говорить о низовых исполнителях (особенно малоквалифицированных), то для них основными мотиваторами можно считать физиологические потребности и потребности в защищенности. То есть люди этой категории меняют место работы ради большего дохода и расширенного социального пакета. Что же касается управленцев разных уровней, то здесь ситуация иная: они меняют профиль работы скорее из соображений масштабности задач, решать которые им предстоит, престижа новой должности, расширения сферы своей деятельности, повышения ответственности и иных причин, напрямую не связанных с материальным поощрением. Например, в период стабильности, а также роста бизнеса менеджмент среднего звена проявляет лояльность к фирме, в то время как низовые исполнители могут менять место работы в поисках большего дохода. В периоды же нестабильности дело обстоит "с точностью до наоборот": низовые сотрудники держатся за свою фирму и проявляют повышенную лояльность к ней, в то время как менеджеры среднего звена зачастую уходят в другие организации. Это можно было наблюдать, к примеру, в период кризиса 2008 г.

Таким образом, стремление сохранить свой доход в нестабильные времена и повысить его в благоприятный период может являться доказательством приоритетности материальных мотиваторов у исполнителей, а не у менеджеров.

Эта тенденция становится все более отчетливой даже с учетом российской специфики: нестабильности и в общем невысокого уровня жизни населения. Исследования показывают: причина состоит в том, что управленцы — представители интеллектуального труда, у них более высокий уровень образования и воспитания, социальный статус и уровень их дохода также относительно высоки. Другими словами, базовые потребности управленцев в основном уже удовлетворены. Поэтому вариант "пирамиды Маслоу", адаптированный к потребностям менеджмента, должен, по нашему мнению, выглядеть так, как показано на рисунке.

Если же говорить о двухфакторной теории Ф. Герцберга, подразумевающей деление факторов деятельности на факторы гигиенические (снижающие неудовлетворенность работой) и собственно мотиваторы, то она, думается, достаточно полно отражает факторы, способные повысить производительность труда интеллектуальных работников вообще и управленцев в частности.

К таким факторам можно отнести интересную, творческую, ответственную и напряженную работу, позволяющую мыслить самостоятельно и развиваться. Следовательно, анализируя эту теорию, можно сделать вывод: внутренние факторы мотивации для руководителей весьма важны, хотя внешним ее факторам (признанию заслуг, повышению в должности) в теории Герцберга тоже уделено внимание. И вообще, надо сказать, что, несмотря на то, что акцент в этой теории сделан именно на "менеджерские" мотиваторы, она работает и при ее использовании применительно к низовым исполнителям. При этом, как следует из результатов исследований, требуется несколько изменить им структуру заданий, чтобы они почувствовали ее сложность и значимость и были относительно независимы в решениях, максимально исключались монотонные операции, повышалась ответственность за данное задание и усиливалось чувство самостоятельности.

Еще одной теорией, подчеркивающей факторы мотивации, актуальные для руководителей различных уровней управления, является теория Д. Мак-Клелланда, по мнению которого люди испытывают потребности во власти, в успехе и причастности. Причем потребность во власти выражается, как желание влиять на окружающих. Люди, испытывающие такую потребность, как правило, открыты, напористы, готовы к конфронтации и стремятся отстаивать свои исходные позиции. Но они вовсе не обязательно "рвутся к власти". Зачастую они хорошие ораторы и очень требовательны, и менеджмент для них привлекателен в связи с возможностью демонстрации своей власти.

Сам Д. Мак-Клелланд в этой связи отмечает, что людей, испытывающих повышенную потребность во власти, но не проявляющих склонности к авантюризму или тирании, а стремящихся добиться влияния, прежде всего, благодаря способам социального взаимодействия, следует заранее готовить к высшим управленческим постам.

Исследуя данную проблему, мы обнаружили, что личное доминирование управленцев эффективно только в очень небольших группах, например, в бригадах автосборочного комплекса. Если же лидер хочет эффективно руководить большой группой, ему необходимо задействовать более тонкие и социализированные формы влияния. В частности, позитивное (социализированное) "лицо" власти воплощается в заинтересованности лидера в достижении целей его группы, умении находить цели, способные мотивировать людей, в помощи группе при формулировании этих целей, инициативности при обеспечении ее членов средствами для их достижения и в формировании у них уверенности в своих силах и компетентности, необходимых для их достижения.

И еще один очень важный аспект теории Мак-Клелланда: он подметил, что потребность в успехе удовлетворяется не столько самим проявлением успеха (это лишь подтверждает статус человека), сколько процессом его достижения.

При этом работники, испытывающие большую потребность в успехе, как правило, избегают риска, предпочитают лично отвечать за решение проблем и стремятся к четкой обратной связи по результатам своей деятельности. Поэтому необходимо ставить им задачи с умеренным риском и делегировать полномочия, достаточные для проявления инициативы, а также регулярно вознаграждать их пропорционально результатам труда.

Сотрудников, испытывающих сильные потребности в причастности, стремящихся к общению, дружеским взаимодействиям, привлекает работа, обеспечивающая большие возможности социального взаимодействия. Что необходимо учитывать при управлении такими людьми. В частности, ставить перед ними задачи, подразумевающие коллективную деятельность [1].

Рассматривая различные модели мотивации мы в ходе своих исследований пришли к выводу, что модель "параметры организации работы—результаты работы" полнее, чем какие-то другие модели, учитывает факторы мотивации руководителей.

Так, разнообразие навыков дает им ощущение значимости работы и в результате повышает ее качество; целостность работы вызывает чувство достижения и самоуважения; ее важность ведет к сокращению прогулов и текучести кадров; автономность — это степень свободы, предоставляемой работнику в определении очередности выполнения задания и выборе методов работы. Справедливое вознаграждение определяет чувство значимости работы; "прямая" обратная связь — связь без посредников, дающая ощущение чувства принадлежности и позволяющая справедливо оценивать результаты труда [2].

В отличие от исполнителей, которые, в принципе, могут сузить свой взгляд исключительно до своих функций (что представляется весьма нежелательным), мы предполагаем, что руководитель не может себе позволить, чтобы его мышление ограничивалось лишь занимаемой должностью. Ведь профессия управленца такова, что он обязан быть интегрированным в общую систему управления, являться флагманом различных нововведений, а следовательно, обязан проявлять повышенную преданность своему предприятию и трудовому коллективу. (Образно говоря, управленец не имеет права просто "таскать камни". Но даже "таская камни", он обязан "строить дворец".)

Выявив с помощью упомянутых выше теорий специфические факторы, мотивирующие руководителей, а также обосновав повышенную важность обеспечения их лояльности, нельзя не придти к выводу, что для формирования и сохранения этой лояльности необходимо использовать совокупность таких инструментов, как карьерный рост, создание кадрового резерва, перестановка менеджеров и т. п.

Критерий	Оклад	Премия за выполнение и перевыполнение плана (размер варьируется)	Премия за улучшение качественных показателей процессов производства и управления	Премия за общие результаты фирмы
Минимальные обязанности: осуществление текущей хозяйственной деятельности, отсутствие убытков и т. д.	Да	Нет	Нет	Нет
Выполнение и перевыполнение плана	Да	Да	Нет	Да
Повышение качественных показателей	Да	Да	Да	Да

Действительно, если взять карьерный рост, то он для руководителя может быть одним из эффективнейших мотиваторов. Его перспективы способны нацеливать руководителя не только и не столько на сиюминутный результат, сколько на подлинную долговременную лояльность менеджера к своему предприятию. При этом для предприятия карьерный рост своего менеджера представляется оправданным, так как несмотря на то, что приглашенный менеджер может взглянуть на предприятие по-новому, прежнему сотруднику понятнее специфика предприятия и его процессов, особенности труда нижестоящих коллег и т. д., в связи с чем он может быть более эффективным.

Помимо этого можно утверждать, что "побочным эффектом" должностного повышения своих менеджеров может являться рост лояльности сотрудников. Такая лояльность может быть вызвана пониманием того, что предприятие ценит своих работников и открывает перед ними реальные перспективы карьерного роста.

Целесообразно шире использовать и возможности кадрового резерва. Это позволяет мотивировать большее число управленцев и кроме дополнительного мотивирующего эффекта обеспечить стабильное наличие реальных кандидатов на повышение. Особенно, если политика формирования кадрового резерва проводится достаточно явно и гласно. То есть администрация предприятия должна давать понять перспективным сотрудникам, что, несмотря на отсутствие повышения в должности сейчас, в них все же заинтересованы. При этом, работник, с одной стороны, осознает, что на своем предприятии у него есть явные перспективы роста, поэтому предложения о трудоустройстве к конкурентам он будет воспринимать критически, а с другой — у него появится мотив к повышению своей квалификации применительно к тому подразделению, в котором ему, возможно, придется трудиться.

Преимущества для предприятия также достаточно весомы: располагая кадровым резервом, оно менее подвержено сезонным колебаниям рынка труда, личным настроениям отдельных менеджеров и пр. Что, несомненно, повышает устойчивость систем управления, а следовательно, и самого предприятия.

Когда карьерный рост менеджера по вертикали нецелесообразен, но его квалификация высока, весьма актуальна его мотивация посредством перестановки (ротации). При этом такой горизонтальный "рост" может являться для менеджеров вызовом, и он с бóльшим энтузиазмом примется за решение новых задач. Кроме того, расширяя свой профессиональный опыт, этот менеджер станет первым кандидатом на повышение. Широта мышления и значительный запас профессиональных знаний позволят ему руководить на более высоком уровне значительно эффективней, чем это делал бы его коллега, занятый лишь по одному направлению.

Несколько слов и об оплате труда управленческого персонала.

Многие критикуют применявшуюся в СССР систему оплаты труда "оклад—премия". Однако она вполне подходит и для работников нынешней системы управления. Правда, она нуждается в усовершенствовании, направленном на учет специфики управленческой деятельности, повышение ее прозрачности и эффективности. Например, материальное стимулирование (премия) должна назначаться не только за достижение количественных целей, поставленных руководством фирмы, но и за повышение качественных показателей производственного процесса.

Эту мысль иллюстрирует таблица, в третьем столбце которой подразумевается премия за то, *что* сделано, а в четвертом — за то, *как* сделано. При этом представляется, что на первых этапах внедрения такой системы оплаты на премию за усовершенствования должно приходиться 60 % премиального фонда. То есть премия за то, *как* сделано, должна быть в 1,5 раза выше премии за то, *что* сделано. Это связано с тем, что необходимость качественных преобразований в автомобильной промышленности сегодня как никогда актуальна.

Таким образом мы хотим повлиять на управленцев с целью акцентировать их внимание на принципах стратегического управления. Ведь стратегические мышление и управление, в отличие от свободной импровизации, интуиции и упования на везение, имеют ряд преимуществ: концентрируют деятельность всей организации на достижении основной цели, заставляют *менеджеров и рядовых сотрудников* искать новые возможности и угрозы, способствуют непрерывному развитию бизнес-модели, дают менеджерам ясные критерии для оценки проектов бюджетов[3].

Литература

1. Майкл Мескон, Майкл Альберт, Франклин Хедоури. Основы менеджмента, 3-е издание: Пер. с англ. — М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2011. С. 344—351.
2. Фрейдина Е.В. Исследование систем управления: учеб. пособие по специальности "Менеджмент организации" / Е.В. Фрейдина; под ред. Ю.В. Гусева. — 3-е издание, стер. — М.: Издательство "Омега-Л", 2010. С. 245—246.
3. Артур А. Томпсон-мл., А. Дж. Стрикленд III. Стратегический менеджмент: концепции и ситуации для анализа, 12-е издание: Пер. с англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2011. 57 с.

-факты

На линии сборки-сварки корпусов цистерн ОАО «НЕФАЗ», дочернего предприятия «КАМАЗа» в Башкортостане, завершается монтаж и пуско-наладка комплексов автоматической сварки наружных и внутренних кольцевых швов. Реконструкция участка изготовления нефтеналивной техники — один из важнейших инвестиционных проектов года, в разработке и реализации которого участвуют ведущие фирмы Германии Grimm Schweisstechnik, DEUMA, CLOOS и HEISS. Участок состоит из двух комплексов автоматической сварки внутренних кольцевых швов и одного комплекса автоматической сварки наружных кольцевых швов. Расчётная скорость сварки — от 0,4 до 0,9 м/мин. При этом обеспечивается стабильная геометрия сварочного шва и высокое качество. Контроль за процессом сварки производится при помощи высокоточного и адаптивного лазерного оборудования. Мощность новой сварочной линии — до 2,5 тысячи цистерн в год, в машиностроении России она будет применена впервые.

Помимо значительного повышения качества сварки цистерн, новая автоматическая линия позволяет кардинально улучшить условия труда сварщиков, которые становятся уже и не сварщиками в традиционном представлении этой профессии, а операторами автоматических линий, имеют возможность программирования и визуального контроля за процессом. Все аэрозоли из зоны сварки проходят через специальные фильтровальные установки Kemper, которые уменьшают выброс вредных веществ в окружающую среду до 95 %.

Сегодня «НЕФАЗ» занимает порядка 35 % российского рынка ёмкостно-наливной техники. Специалисты прогнозируют, что с внедрением новой автоматической линии её конкурентоспособность

•

«Группа ГАЗ поставит 169 автобусов среднего класса для междугородних и пригородных перевозок в тропическом исполнении КАВЗ-4328 «Аврора» в Никарагуа для развития системы пассажирских перевозок столицы Республики. Автобусы предназначены для работы как на улицах столицы Никарагуа, так для перевозок пассажиров на пригородных и междугородных маршрутах. Первая партия из 30 автобусов будет отправлена в Никарагуа в октябре 2011 года. Оставшиеся автобусы будут отгружены в первой половине 2012 года.

Напомним, КАВЗ-4238 — это удлиненная модификация автобуса КАВЗ-4235, предназначенная для работы на пригородных маршрутах на плече до 500 км. Благодаря удлинению базы на 1,24 метра увеличена общая пассажировместимость до 38 посадочных мест. Модель комплектуется дизельным двигателем Cummins мощностью 210 л.с., механической коробкой передач ZF, мостами КААЗ.

В рамках выполнения никарагуанского заказа Курганский автобусный завод «Группы ГАЗ» внес в конструкцию автобусов ряд изменений для улучшения эксплуатационных характеристик машин при работе в условиях пересеченной местности с влажным тропическим климатом. В частности, в машинах увеличена площадь боковых форточек, полы и ступени отделаны рифленым алюминием, в салонах установлены тонированные боковые стекла, антивандальные сиденья с мягкими вставками на спинке и подушке сидений, специальные системы забора воздуха с крыши, также в автобусах используются шины, максимально адаптированные для использования в тропическом климате.

Данная поставка — это не первый опыт сотрудничества «Группы ГАЗ» с никарагуанскими партнерами. За последние три года компания поставила в Никарагуа 380 автобусов производства Курганского автобусного завода в рамках оказания безвозмездной технической помощи Правительства Российской Федерации Никарагуанской Республике для обновления пассажирского автопарка столицы страны. Сегодня автобусы КАВЗ «Аврора» составляют 40 % парка общественного транспорта Манагуа, в котором налажена комплексная система сервисного обслуживания автобусов КАВЗ в полном соответствии с потребностями пассажирских перевозок.

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

УДК 621.43

Расчет средней температуры поршня высокофорсированного дизеля

Д-р техн. наук А.Т. ВОЛОЧКО, А.Ю. ПИЛАТОВ, А.Ю. ИЗОБЕЛЛО

ГНУ "Физико-технический институт НАН Беларуси" (8.017. 263-67-62),
УО "Белорусский национальный технический университет" (8.017. 293-85-86,+375.29. 261-83-11)

Представлена методика расчета средней температуры поршня высокофорсированного дизельного двигателя, позволяющая с достаточной точностью оценивать его тепловое состояние с учетом эмиссии NO_x, а также твердых частиц.

Ключевые слова: *средняя температура, поршень, тепловое состояние, рабочий процесс, экологические параметры.*

Volochko A.T., Pilatov A.Yu., Izobello A.Yu.

A APPROACH OF CACULATING THE PISTON AVERAGE TEMPERATURE OF HIGH BOOSTED DIEZEL ENGINE

The approach for calculating the piston average temperature of a high boosted diesel is presented. It allows rather precise assessment of its thermal state considering NO_x emission as well as of soot.

Keywords: *average temperature, piston, thermal state, engine cycle calculating, ecological performance.*

Анализ общих вопросов [1] оценки температурного состояния высокофорсированных дизелей указывает на то, что в настоящее время особую актуальность приобретает необходимость разработки методики определения и прогнозирования теплонапряженности деталей их ЦПГ и в первую очередь — поршней, которые во многом определяют степень нагруженности дизеля и, соответственно, его ресурс. Дело в том, что традиционно надежность этих теплонапряженных деталей как оценивали, так оценивают и сейчас по температурам в отдельных точках или зонах поршня, предельные значения которых зависят от условий его работы, марок топлива и смазочного масла, требований к двигателю и т. п. Но в данном случае, как справедливо отмечается в работе [2], при моделировании процесса теплообмена возникают большие трудности с заданием локальных граничных условий для нестационарного процесса теплообмена, результаты моделирования которого напрямую определяют достоверность расчета и оценки теплового состояния поршня. Численного метода решения подобного рода задач до сих пор вообще не существует, как не существует и универсальной методики теплового расчета поршня. Правда, не-

которые исследователи (например, авторы работы [3]), чтобы еще на стадии проектирования дизеля сравнить теплонапряженность поршня с таким же параметром других деталей, пользуются параметром q_n, который пропорционален тепловому потоку через днище поршня, позволяющему оценивать в условных единицах его теплонапряженность в зависимости от параметров рабочего процесса и режима работы дизеля. Однако подобные оценки — ориентировочные, так как в принципе не могут учесть влияние нестационарности процесса теплообмена на поверхности деталей, образующих камеру сгорания, и особенно, поршня высокофорсированного дизеля. В том числе из-за неравномерности распределения параметров теплоотвода от различных участков поршня из-за сложной его геометрии.

Авторы предлагаемой вниманию читателей статьи сделали попытку разработать такую методику определения и прогнозирования теплонапряженности поршня, которая была бы достаточно доступной для реализации на персональном компьютере. И исходили они из следующего.

Во-первых, при выборе основного параметра оценки теплонапряженного состояния поршня учитывали, что колебания температуры поверхности любой детали, особенно у высокооборотных двигателей, сравнимы с температурным градиентом, определяющим теплоотдачу от газов к стенкам. Поэтому в качестве такого параметра (критерия) они взяли среднюю температуру поверхности поршня.

Во-вторых, изучив существующие в базе данных расчетные модели, установили, что средние температуры поверхности поршня, находящиеся в пределах 400—600 K (130—330 °C) способны заметно влиять на теплообмен между рабочим телом и поверхностью поршня (особенно важно для организации управляемого сгорания в период холодного пламени), а также на характеристики тепловыделения в период последующего активного процесса сгорания. Именно последнее обстоятельство дает основание для оптимизации теплового состояния поршня, т. е. поддержания его оптимального температурного состояния за счет выбора значений средней температуры его поверхности.

Рассмотрим этот вопрос.

Температура поршня в период задержки воспламенения должна быть достаточной для структурных преобразований углеводородов и зарождения разветвленных и неразветвленных цепных реакций. Но не избыточной. Потому что повышенные ее значения в период активного горения топлива в камере сгорания уменьшают интенсивность теплообмена рабочего тела с поршнем. Что, в конечном счете, приводит к тому, что основная часть тепловой энергии, которая сосредотачивается в рабочем теле за счет высвобождения скрытой химической энергии топлива, уходит с отработавшими газами в окружающую среду.

Изменение температуры поршня ведет к изменению интенсивности теплообмена между его стенками, образующими камеру сгорания, и рабочим телом, находящимся в камере сгорания. Что и определяет динамику сгорания топлива и тепловыделения в камере сгорания.

Таким образом, среднюю температуру поршня действительно можно рассматривать не только как оценочный критерий, но и как управляющий параметр, целенаправленное изменение которого способно привести термодинамическую систему "рабочий газ" в качественно иное состояние, что позволяет достичь требуемых технико-экономических и экологических показателей дизеля.

При таком подходе задача оптимизации теплового состояния поршня высокофорсированного дизеля значительно упрощается, становится доступной для реализации ее решения на персональном компьютере. И сводится, по существу, к определению таких значений средней температуры поршня, которые с достаточной надежностью характеризуют его тепловое состояние.

Теперь конкретно об определении средней температуры.

Для этого условно разделим объем камеры сгорания на три зоны: активного горения, где его температура равна температуре фронта пламени; "общую" со средней термодинамической температурой рабочего тела; "промежуточную" турбулентную с некоторым температурным градиентом. Таким образом, получается физическая модель, которая рассматривает теплообмен между днищем поршня и рабочим телом как совокупность двух отчасти взаимосвязанных физических процессов — теплообмена газов в "общей" зоне со среднетермодинамической температурой рабочего тела и локального теплообмена топливного факела с днищем поршня в моменты времени, когда фронт факела касается днища поршня.

Температура T газов, находящихся в "общей" зоне внутрицилиндрового пространства, может быть определена путем совместного интегрирования уравнений первого закона термодинамики и уравнения Менделеева—Клайперона, в дифференциальной форме записанных для периода сгорания. Это будет формула № 1 (см. таблицу). Она представляет собой интегрированный закон изменения температуры топливовоздушной смеси в "общей" зоне.

Коэффициент $\alpha(\varphi)$ теплоотдачи от рабочего тела "общей" зоны к днищу поршня определяется по формуле Вошни (формула № 2). Входящие в нее коэффициенты C_1, C_2, C_3 вычисляются по формулам № 3. Максимальную температуру в турбулентной зоне, численно соответствующую средней температуре пламени в цилиндре, можно представить в виде формулы № 4.

Далее. В момент, когда фронт топливного факела касается днища поршня, турбулентная зона с некоторой температурой $T_{тур}(\varphi, r)$, расположенная вблизи участков активного горения топлива с температурой $T_{пл}(\varphi_i)$, способна на участке поршня, где топливный факел касается днища, интенсифицировать теплообмен. Поэтому для определения температуры $T_{тур}(\varphi, r)$ в турбулентной зоне авторы использовали законы распространения температурного поля в среде и теплопередачи конвенцией. В результате получили формулу № 5.

В свою очередь, коэффициент $\alpha_т$ теплоотдачи в турбулентной зоне определялся по методике, предложенной в работе [4]. Это формула № 6.

№ формулы	Формула	Примечания
1	$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = \frac{\left[\frac{1}{G_{см}}\frac{\partial Q}{\partial \varphi} - \frac{RT}{V}\frac{\partial V}{\partial \varphi}(c_v^{I} T L_0 - c_v^{II}(L_0+1)c_v^{III}) \times \times T\frac{\partial x}{\partial \varphi}\frac{G_ц}{G_{см}} - c_v^{III} T \frac{\partial \sigma}{\partial \varphi}\frac{G_ц}{G_{см}}\right]}{\sum_{i=1}^{3}\left(\frac{G_i}{G_{см}}\left(c_v^i + \frac{\partial c_v^i}{\partial T}T\right)\right)}$	φ — угол поворота коленчатого вала; $\frac{\partial Q}{\partial \varphi}$ — количество теплоты, подведенной во внутрицилиндровую топливовоздушную смесь за время $\partial\varphi$; R — газовая постоянная смеси; $\frac{\partial V}{\partial \varphi}$ — скорость изменения объема внутрицилиндрового пространства; c_v^{I}, c_v^{II} и c_v^{III} — теплоемкости свежего заряда, продуктов сгорания и паров топлива соответственно; L_0 — количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг топлива; $\frac{\partial x}{\partial \varphi}$ и $\frac{\partial \sigma}{\partial \varphi}$ — безразмерные скорости выгорания топлива из смеси и испарения топлива; $G_ц$ — цикловая подача топлива; безразмерная скорость; G_i — масса i-го компонента (свежего заряда, паров топлива, отработавших газов) ; V — внутренний объем цилиндра; c_v^i — изохорная теплоемкость i-го компонента; G_i — масса i-го компонента (свежий заряд, пары топлива, отработавшие газы) рабочей смеси
2	$\left\{\begin{array}{l} \alpha(\varphi) = \vartheta\varphi\left(C_1 c_m + C_2\frac{V_h T_a}{p_a V_a}(p(\varphi)-p_0)\right)^{0,8} \\ \alpha(\varphi) = \vartheta(\varphi)\left(C_1 c_m\left(1+2\left(\frac{V_C}{V_\varphi}\right)^2 C_3\right)\right)^{0,8}, \\ \text{если } 2C_1 c_m\left(\frac{V_C}{V_\varphi}\right)^2 C_3 \geqslant C_2\frac{V_h T_a}{p_a V_a}(p(\varphi)-p_0) \\ \vartheta(\varphi) = 0,12793 D^{-0,2} T(\varphi) p(\varphi)^{0,8} \end{array}\right\}$	c_m — средняя скорость поршня; C_1, C_2, C_3 — коэффициенты; V_h — рабочий объем цилиндра; V_a — полный объем цилиндра; T_a, p_a — температура и давление в цилиндре в ВМТ; $p(\varphi)$ —закон изменения давления в цилиндре; p_0 — атмосферное давление; V_φ — текущий объем цилиндра; $T(\varphi)$ — интегрированный закон изменения температуры смеси в общей зоне; V_C — объем камеры сгорания; D — диаметр цилиндра
3	$\left\{\begin{array}{l} C_1 = 6,18 + 0,417\frac{C_u}{C_m}, \\ \varphi \in (0 \div 180^\circ) \cup (540^\circ \div 720^\circ) \\ C_1 = 2,28 + 0,308\frac{C_u}{C_m}, \varphi \in (180^\circ \div 540^\circ) \end{array}\right.$ $\left\{\begin{array}{l} C_2 = 0,00324 \\ C_3 = 1 - 1,2e^{-0,65\alpha_в} \end{array}\right.$	C_u — скорость вращательного движения рабочей смеси; $\alpha_в$ — коэффициент избытка воздуха
4	$T_{пл} = \sqrt[4]{\frac{qT_{пл}^{погл} - qT_{пл}^{конв}}{qT_{пл}^{изл}} \cdot \frac{1}{k_{обл}} + \frac{1}{k_{обл}} T_{топл}}$	$qT_{пл}^{погл}$ — составляющая поглощения от потока теплоты; $qT_{пл}^{конв}$ — составляющая конвекции; $qT_{пл}^{изл}$ — составляющая излучения от потока теплоты; $T_{топл}$ — температура топлива в камере сгорания; $k_{обл}$ — макропараметрический коэффициент генерации центров из капель топлива
5	$\alpha_T(\varphi)(T_{пл}(\varphi) - T(\varphi))F_{кап} = \lambda_T(\varphi)\left(\frac{\partial T_{тур}(r)}{\partial r}\right)F_{кап}$	$\alpha_T(\varphi)$ — коэффициент теплоотдачи в турбулентной зоне рабочей смеси; $T_{пл}$ — температура пламени; $F_{кап}$ — площадь поверхности капли по ее среднему диаметру; $\lambda_T(\varphi)$ — коэффициент теплопроводности в зоне турбулентности; $\frac{\partial T_{тур}(r)}{\partial r}$ — градиент температуры $T_{тур}$ в турбулентной зоне поглощения теплового потока радиусом r в фиксированный момент времени
6	$\alpha_т = 0,37\left(\frac{\mu C_v}{d_{32}\cdot 10^{-2,4}}\right)\left(\frac{u_0 d_{32} p(\varphi)}{\vartheta}\right)^{0,6}(6,5\chi(\varphi))$	μ — динамическая вязкость рабочей смеси в турбулентной зоне; d_{32} — средний диаметр капли; C_v — изохорная теплоемкость рабочей смеси; u_0 — среднемассовая скорость впрыска топлива; ϑ — кинематическая вязкость рабочей смеси в турбулентной зоне; $\chi(\varphi)$ — доля топлива, сгоревшего в камере сгорания
7	$\frac{\partial Q_w^n}{\partial \varphi} = \frac{10^{-3}\alpha_т(\varphi)[(T - T_р)F_р]}{6n}$	$\alpha_т(\varphi)$ — коэффициент теплоотдачи рабочего тела в стенки камеры сгорания; T — температура рабочей смеси, определяемая по формуле № 1; T_p — средняя температура днища поршня; F_p — площадь его днища
8	$F_р = \frac{\pi D^2}{4} = 2\pi\left(\frac{b}{2}\right)l$	D — диаметр цилиндра; b — ширина камеры сгорания в поршне; l — глубина камеры сгорания

№ формулы	Формула	Примечания
9	$\int_0^{720} \frac{\partial Q_w^n}{\partial \varphi} \partial\varphi + \int_0^{720} \left(\left(\frac{10^{-3}}{6n} \right) (\alpha_T T_{тур}(\varphi, r) - T_p) F_{тур} \right) \partial\varphi = \int_0^{720} \frac{\partial Q_W^n}{\partial \varphi} \partial\varphi$	η — частота вращения коленчатого вала; $F_{тур}$ — суммарная площадь локальной турбулентной области, соприкасающейся с днищем поршня в пределах радиуса r поглощения тепловой энергии в пространстве
10	$\frac{\partial \tilde{Q}_w^n}{\partial \varphi} = \alpha (T_p - T_{охл}) F_б^п$	α — коэффициент теплоотдачи боковой поверхности поршня; $T_{охл}$ — температура охлаждающей жидкости; $F_б^п$ — площадь боковой поверхности поршня
11	$\alpha = \alpha_m + \alpha_k$	α_m и α_k — коэффициенты, соответствующие теплоотводу за счет теплопроводности масла и конвекции
12	$c = \frac{\left[\left(\frac{C_p}{H_p} \right) \left(\frac{p}{\alpha} \right) (0{,}2(1-\chi) + 0{,}03) \right]}{k}$	C_p — число атомов углерода в топливе; H_p — число атомов водорода в нем; p — текущее давление в цилиндре; α — коэффициент избытка воздуха; χ — доля выгоревшего топлива; k — коэффициент поглощения пламени

Формулы № 1 и 2, решаемые формулами № 3, и есть граничные условия для построения температурных полей (рис. 1) поршня. При этом в формулу № 1 (в параметр $\partial Q/\partial\varphi$) входит тепловой поток $\partial Q_w^n/\partial\varphi$, направленный от топливовоздушной смеси в "общей" зоне к днищу поршня. Определяется он по формуле № 7. Площадь F_p днища поршня, входящая в эту формулу, вычисляется по известной формуле № 8.

Средняя температура T_p поршня на этапе определения $\partial Q_w^n/\partial\varphi$ задается и считается постоянной в течение всего рабочего цикла. Ее величина, как следует из формулы № 7, сказывается на интенсивности теплообмена между топливовоздушной смесью и поршнем, что в конечном итоге определяет закон изменения температуры T этой смеси в "общей" ее зоне. Причем на протяжении всего процесса сгорания, что не может не влиять на экологические показатели рабочего процесса (выбросы оксидов азота, сажа) и технико-экономические (мощность, удельный расход топлива) показатели дизеля. Поэтому, повторяем, и возрастает актуальность правильного выбора средней температуры T_p поршня и последующей оптимизации рабочего процесса на предмет удовлетворения его параметров экологическим нормам.

Дело в том, что завышение T_p может привести к более интенсивному теплообмену между днищем поршня и рабочим телом, что заставит дизель "переохлаждаться", особенно в период задержки самовоспламенения, т. е. при развитии в камере сгорания предпламенных реакций. Это приведет к увеличению периода теплообмена, накоплению большого количества паров в камере сгорания до их воспламенения и, соответственно, к их последующему одновременному (взрывному) сгоранию, которое сопровождается увеличением эмиссии оксидов азота, шумности работы, а также большим тепловым и механическим нагрузкам на детали ЦПГ.

Если же средняя температура T_p поверхности поршня окажется заниженной, то при последующей оптимизации рабочего процесса может происходить перегрев его головки и юбки поршня. В итоге получится, что, несмотря на лучшую подготовку топливовоздушной смеси к протеканию предпламенных реакций, поршень может потерять свою работоспособность.

Граничными условиями локального турбулентного теплообмена для расчета температурных полей в поршне являются уравнения № 5 и 6. Средняя температура пламени, определяемая по уравнению № 4, в свою очередь, наряду с среднемассовой температурой T смеси в "общей" зоне служит граничным условием для дифференциального уравнения № 5.

Учитывая сказанное выше, средняя температура T_p днища поршня определяется на основании баланса теплового потока $\partial Q_w^n/\partial\varphi$ с учетом, с одной стороны,

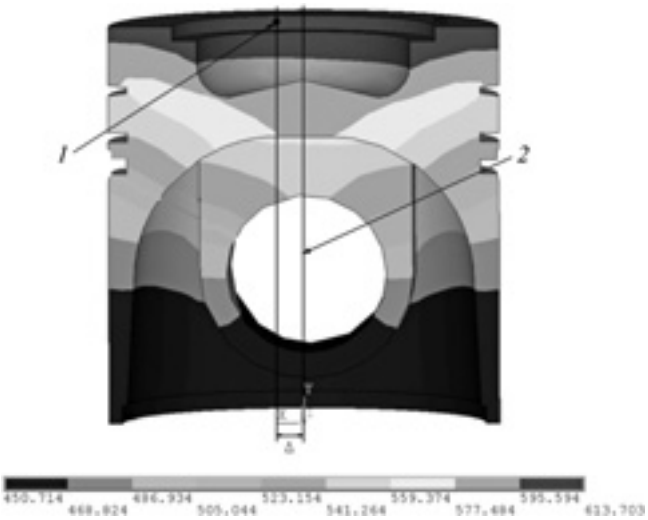


Рис. 1. Моделируемые температурные зоны поршня высокофорсированного дизельного двигателя семейства Д 245:

1 — центр распределения температурных зон; *2* — ось поршня

локального нагрева днища поршня турбулентной областью смеси при касании его топливным факелом, что воспринимается поршнем как цикл работы дизеля, а с другой — теплового потока $\partial\tilde{Q}_w^n/\partial\varphi$, который отводится поршнем через систему охлаждения дизеля в окружающую среду.

Для установившегося режима работы в данном случае будем иметь формулу № 9, которая показывает, что средняя температура T_p днища поршня, помимо общего определения (формулы № 1, 2 и 7), характеризует локальный теплообмен между поршнем и топливовоздушной смесью.

Тепловой поток $\partial\tilde{Q}_w^n/\partial\varphi$, который отводится поршнем через систему охлаждения дизеля в окружающую среду, может быть определен по формуле № 10, а входящий в нее коэффициент α теплоотдачи на боковой поверхности поршня представляет собой (формула № 11) сумму коэффициентов, соответствующих теплоотводу за счет теплопроводности масла ($\alpha_т$) и конвекции (α_k).

Таким образом, суть методики выбора средней температуры поршня T_p заключается (рис. 2) в следующем.

На первом этапе выбирается диапазон рабочих температур поршня. Он, как уже упоминалось, лежит в пределах 400÷600 K (130—330 °C). На втором выполняется расчет рабочего процесса с определением $\partial Q_s^n/\partial\varphi$ для каждой из выбранного диапазона температуры (скажем, для 400, 500 и 600 K). На третьем — строится график $\partial\tilde{Q}_w^n/\partial\varphi$, совмещенный с осью абсцисс графика $\partial Q_s^n/\partial\varphi$. Полученная на нем точка A пересечения кривых — точка теплового равновесия поршня на расчетном установившемся режиме, а абсцисса точки A — температура поршня в момент достижения теплового равновесия. Поэтому все дальнейшие расчеты по оптимизации теплового состояния поршня высокофорсированного дизеля следует выполнять на установившемся режиме, соответствующем выбранной таким образом средней температуре T_p днища поршня.

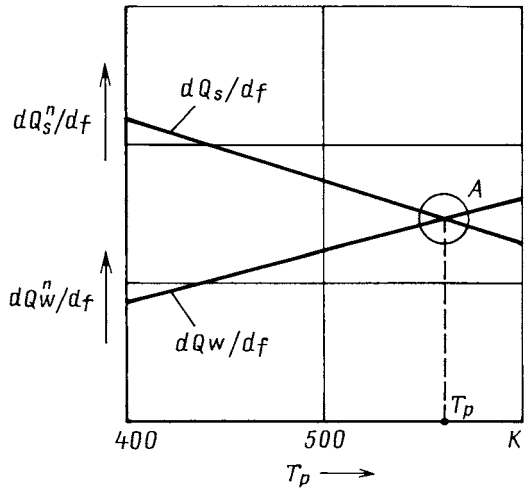


Рис. 2. Тепловое равновесие поршня

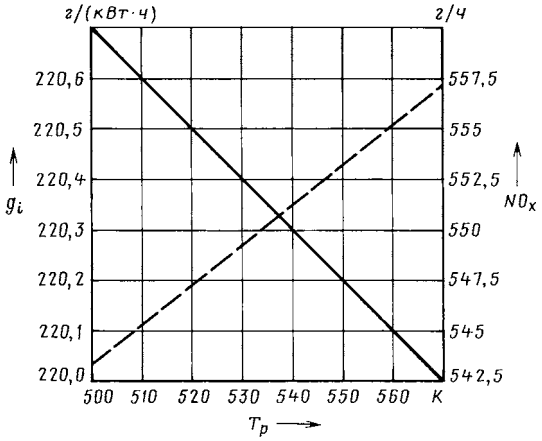


Рис. 3. Зависимость удельного индикаторного расхода топлива и выбросов NO_x от средней температуры днища поршня

На рис. 3 приведены зависимости удельного индикаторного расхода q_i топлива и выбросов оксидов азота от средней температуры T_p поршня. Из него видно, что $q_i = f(T_p)$ и $NO_x = f(T_p)$ — разнонаправленные. Это означает, что при проектировании высокофорсированных дизелей приходится идти на компромисс, т. е. выбирать такое соотношение между этими функциями, которые конструктор считает оптимальным. Например, если нужно, чтобы обеспечивалось возможно меньшее значение q_i, придется идти на увеличение T_p, заведомо повышая выбросы оксидов азота. И наоборот, если надо снизить выбросы оксидов азота, нужно понизить T_p. (На практике температура T_p может быть изменена за счет как регулирования процесса сгорания с помощью управляющих факторов, так и интенсивности охлаждения поршня. Например, применяя галерейное охлаждение поршня.)

И последнее — об эмиссии сажи. Она находится по формуле № 12.

Рассмотренная методика расчета средней температуры T_p поршня позволяет, как видим, оптимизировать рабочий процесс дизеля. Прежде всего снизить выброс оксидов азота при гарантированном обеспечении работоспособности поршня даже у высокофорсированных дизелей. Причем это снижение, как показывают расчеты, может достигать 30 %.

Литература

1. Кавтарадзе Р.З. Локальный теплообмен в поршневых двигателях: учеб. пособие / Р.З. Кавтарадзе. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. — 592 с.
2. Романенко М.В., Бармин В.А., Лепешко И.И. Анализ методов оценки теплового состояния поршня двигателей внутреннего сгорания / Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию кафедры "Тракторы и автомобили" 24—25 сентября 2009 г. Горки. 2009.
3. Костин А.К. Теплонапряженность двигателей внутреннего сгорания / А.К. Костин, В.В. Ларионов, Л.И. Михайлов. — Л., 1979. — 222 с.
4. Петриченко Р.М. Физические основы внутрицилиндровых процессов в двигателях внутреннего сгорания: учеб. пособие. — Л.: Машиностроение, 1983. — 244 с.
5. Сибриков Д.А. Снижение теплонапряженности поршневых групп судовых дизелей: диссертация ... кандидата технических наук: 05.08.05 / Сибриков Дмитрий Александрович. — Новосибирск, 2004. — 122 с.
6. Вукалович М.П., Новиков И.И. Термодинамика. М.: Машиностроение, 1972.

УДК 621.43

Новый способ управления вентилятором ДВС

Д-р техн. наук И.Ф. ДЬЯКОВ

Ульяновский ГТУ (8.84.22. 77-81-49)

Показан способ управления вентилятором двигателя внутреннего сгорания с использованием датчика, обладающего эффектом памяти формы.

Ключевые слова: *вентилятор, материал с памятью, зубчатое зацепление, шкив.*

Dyakov I.F.

METHOD FOR CONTROLLING FAN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Shows how the fan control of internal combustion engine using a sensor having a shape memory effect, which is associated with the driven an drive pulley.

Keywords: *fan, memory effect material, helical gearing, pulley.*

На автотракторных двигателях давно уже применяют только жидкостные системы охлаждения закрытого типа. При этом температура жидкости регулируется за счет изменения массового расхода охлаждающих жидкости, воздуха и агента, протекающих в горячем и холодном контурах радиатора.

Все это обеспечивается двумя системами регулирования. Первая из них состоит из термостата — автомата, включенного в циркуляционный контур и регулирующего расход жидкости через радиатор, вторая — связана с регулированием теплового состояния двигателя за счет изменения количества охлаждающего воздуха, проходящего через радиатор, регулирование в этом случае осуществляется либо устаревшим способом, посредством изменения аэродинамического сопротивления воздушного тракта (жалюзи), либо более современным — за счет изменения производительности вентилятора.

Во втором случае скорость воздуха перед фронтом радиатора, создаваемая вентилятором, как правило, составляет 6—18 м/с, т. е. 21—63 км/ч, а при движении она увеличивается на 3—5 м/с, или 10,5—18 км/ч. При этом коэффициент теплопередачи падает, а аэродинамические потери воздушного потока в радиаторе возрастают в несколько раз. Кроме того, с ростом скоростей теплоносителей в радиаторе растут и гидравлические потери. Результат — увеличение расхода топлива.

Чтобы его минимизировать, при температуре жидкости, равной 353 К (80 °С) и ниже, вентилятор на современных АТС отключают. Однако здесь может появиться своего рода "побочный эффект". Дело в том, что для обеспечения нормальной работы двигателя необходимо непрерывно поддерживать его постоянный тепловой режим (353—369 К, или 80—96 °С), поддерживать же температуру жидкости в таких узких пределах без применения автоматически действующих следящих устройств почти невозможно. Поэтому на всех современных автомобильных двигателях такие устройства есть. Причем принцип их работы основан на тепловом воздействии охлаждающей жидкости или воздушного потока на чувствительный элемент, который включает или отключает вентилятор. Точнее, гидравлическую или электрическую муфту его привода.

Однако схемных решений здесь великое множество. По сути, чуть ли не каждый производитель использует свою схему.

Например, устройство для включения вентилятора, разработанное в Японии, снабжено гидравлической муфтой, передающей вращение за счет адгезии высоковязкой жидкости. Рабочие и резервные полости этой муфты разделены перегородкой, установленной с возможностью ее вращения вокруг центральной оси. В зависимости от температуры окружающей среды биметаллическая спираль воздействует на перегородку, которая либо прекращает, либо открывает доступ вязкой жидкости в рабочую полость муфты, обеспечивая ее отключение или включение.

Недостаток такого решения очевиден: при работе муфты неизбежны протечки рабочей жидкости в ее соединениях, поэтому она работает с большим запаздыванием.

Гидравлический привод вентилятора, применяемый на автомобилях КамАЗ и "Урал-4320", с этой точки зрения более интересен. Он имеет в своем составе не только гидромуфту, но и регулятор-выключатель режима ее работы. При этом муфта обеспечивает передачу крутящего момента от коленчатого вала к вентилятору, а регулятор-выключатель осуществляет автоматическое регулирование частоты вращения вала (следовательно, его производительность) путем изменения расхода масла, проходящего через рабочую полость муфты. Поэтому количество масла в муфте меняется в зависимости от температуры жидкости в системе охлаждения. Чем и обеспечивается включение и выключение вентилятора. Утечки же масла роли не играют, поскольку оно непрерывно поступает в муфту.

Однако у такого привода есть недостатки — сложность конструкции, низкая надежность регулятора-выключателя из-за частого включения золотника в регуляторе, износа резиновой манжеты уплотнения и утечки масла из корпуса гидромуфты.

Примерно то же можно сказать и о других серийно выпускаемых приводах вентилятора. Поэтому автор статьи, проведя соответствующий анализ, занялся разработкой принципиально нового способа управления вентилятором. И это ему, как станет ясно из сказанного ниже, удалось (рис. 1).

Особенность предлагаемого способа состоит в том, что привод снабжен ведомым шкивом *1*, который насажен на ведомый вал *2*, свободно входящий в осевое отверстие *13* ведущего вала *14* и имеет возможность как вращения, так и осевого перемещения. На свободном конце ведомого вала закреплена шаровая опора *12*, соединенная с датчиком *8*, выполненным из материала с памятью формы, который срабатывает при повышении температуры воздушного потока, проходящего через радиатор.

Между ведомым (*3*), связанным с вентилятором *6*, и ведущим (*10*) шкивами расположена пружина *16*. Торцы шкивов, имеющие косозубое зацепление, выполнены со ступицами и обращены оппозитно друг к другу. Датчик *8* имеет ступенчатый вид, изменяет свою форму и жесткость под воздействием температуры, давления, магнитного поля и электрического напряжения. (Этот материал, металлический сплав, запатентован фирмой "Дженерал Моторс", который она использует в механизмах привода автомобиля.)

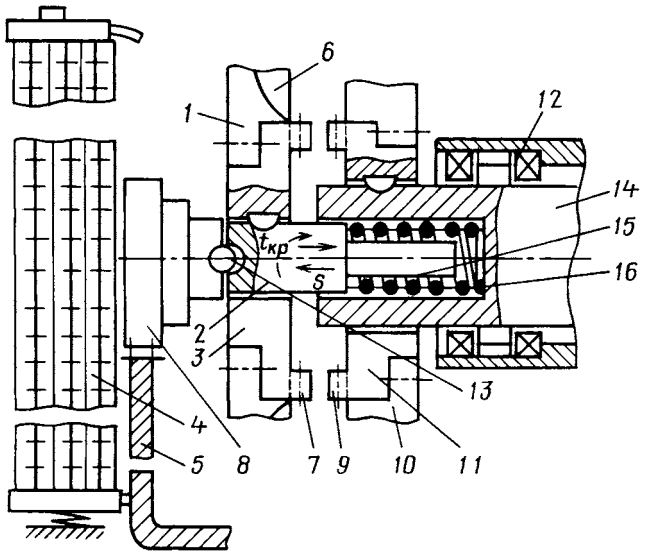


Рис. 1. Принципиальная схема включения вентилятора:

1 — ведомый шкив; *2* — ведомый вал; *3* — ведомый шкив (ступица); *4* — радиатор; *5* — кронштейн; *6* — вентилятор; *7* — ведомая шестерня; *8* — датчик; *9* — зубья ведущей шестерни (ступицы); *10* — ведущий шкив; *11* — ведущая ступица; *12* — шаровая опора; *13* — осевое отверстие; *14* — ведущий вал; *15* — подшипник скольжения; *16* — пружина

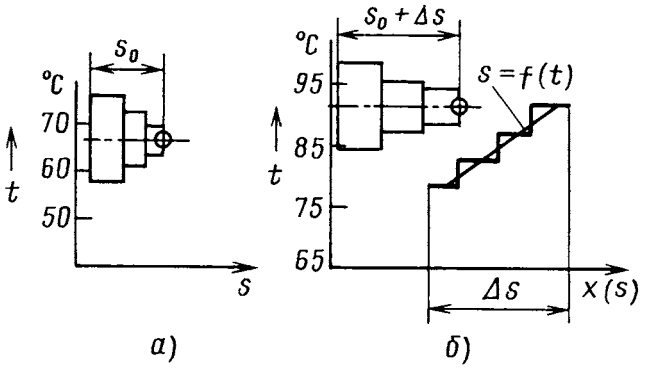


Рис. 2. Форма датчика температуры в свободном (выключенном) его состоянии (а) и рабочем состоянии (б)

В исходном состоянии, когда температура охлаждающей жидкости в радиаторе ниже 353 K (80 °C), датчик имеет форму, показанную на рис. 2, *а*. Падение температуры жидкости в радиаторе определяется по формуле № 1 (см. таблицу). При достижении же температуры в радиаторе *4*, превышающей 353 K (80 °C), датчик *8* скачкообразно изменяет свою форму (рис. 2, *б*) и приобретает длину, равную $s_0 + \Delta s$ (где Δs — приращение длины) и достаточную для того, чтобы зубья шестерен *7* и *9* вошли в зацепление.

В процессе удлинения датчика он через шаровую опору *12*, которая воздействует на ведомый вал *2*, перемещает этот вал по подшипнику скольжения *15* внутрь ведущего вала *14* на величину Δs. При этом ведомый вал *2* сжимает пружину *16* и зубья ведомой ступицы *3* входят в зацепление с зубьями *9* ведущей ступицы *11*, которая передает крутящий момент от двигателя к ведомому шкиву *1*, жестко соединенному с вентилятором *6*. С понижением температуры датчик *8* и пружина *16* возвращаются в исходное (свободное) состояние, и зубчатое зацепление ведомой ступицы *3* отключается от ведущей *11*. Вентилятор *6* прекращает свое вращение.

Устойчивость работы датчика *8* зависит от коэффициентов k_i теплопередачи от трубок радиатора к охлаждающей жидкости, а от нее — к воздушному потоку. В свою очередь, теплопередача зависит и от отдельных сопротивлений, которые объединены в формуле № 2. Зависимость местного коэффициента $K_э$ теплоотдачи от внутреннего эквивалентного диаметра $d_э$ трубки радиатора при различных скоростях v воды в трубках показано на рис. 3. На нем же для оценки коэффициента теплоотдачи в системе с принудительной циркуляцией использован безразмерный коэффициент — число Рейнольдса (критерий подобия), которое определяет характер движения жидкости. В частности, при значениях $R_e \leqslant 2000$ движение жидкости имеет ламинарный характер, а при $R_e \geqslant 2000$ — турбулентный. Когда же воздух обтекает трубки с вторичной поверхностью (например, трубчато-пластинчатого радиатора), значение местного коэффициента теплоотдачи в значительной степени зависит от формы этой поверхности. При определении общего коэффициента теплопередачи и числа Рейнольдса радиатора для стенки с вторичной поверхностью используется формула № 3.

Следует отметить, что из формулы № 3 можно определить общий коэффициент теплопередачи, отнесенный к стороне с гладкой поверхностью. Зная его величину, можно подобрать необходимые параметры датчика. В частности, усилие, необходимое для преодоления сопротивления пружины и включения зубчатого зацепления.

Однако одной из основных задач использования такого привода вентилятора является изучение динамических процессов, происходящих в процессе эксплуатации.

Очевидно, что автоматическая система при нормальной эксплуатации должна поддерживать определенный температурный режим регулирования охлаждающей жидкости. Нагретый воздушный поток, который служит аналоговым сигналом, обдувает датчик и про-

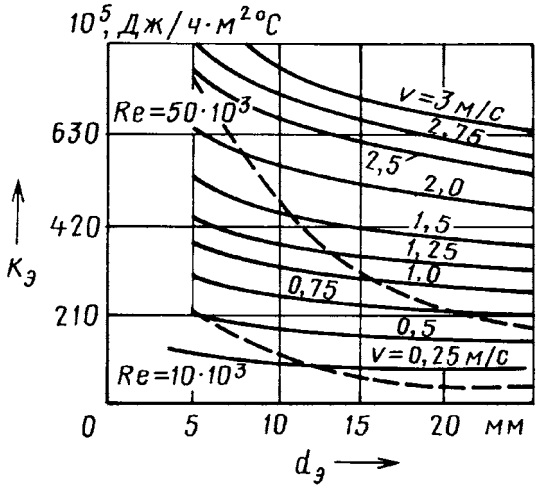


Рис. 3. Зависимость коэффициента теплоотдачи охлаждающей жидкости от эквивалентного диаметра его трубок, скорости обтекающего трубки воздуха

№ формулы	Формула	Примечания
1	$t_1 - t_2 = \frac{v_в c_Q}{v_Q c_в}$	t_1, t_2 — температура горячей жидкости на внутренней и наружной стенке трубки радиатора; v_Q — общая скорость теплового потока воздуха в зоне датчика; $v_в$ — скорость потока воздуха, проходящего через радиатор; c_Q, $c_в$ — теплоемкость потока воздуха в зоне датчика и удельная теплоемкость воздуха в зоне радиатора
2	$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_г} + \frac{h}{\lambda_с} + \frac{1}{k_\alpha}$	$\alpha_г$ — сопротивление передаче теплоты от горячей жидкости к металлической трубке радиатора; h — толщина его металлической трубки; $\lambda_с$ — коэффициент теплопроводности металлической трубки; k_α — местный коэффициент теплоотдачи со стороны холодного воздуха к трубкам радиатора
3	$\frac{1}{k_п} = \frac{1}{\alpha'_г} + \frac{h_э}{\lambda_с} + \frac{1}{k'_\alpha \xi}$	$k_п$ — общий коэффициент теплопередачи радиатора; $\alpha'_г$ — местный коэффициент теплоотдачи на внутренней стенке трубки; $h_э$ — эффективная толщина вторичной поверхности; k'_α — местный коэффициент теплоотдачи со стороны вторичной поверхности; ξ — отношение оребренной площади поверхности к площади гладкой поверхности трубок
4	$t_k \leqslant \frac{s_{max} - s_{min}}{2^n \left(\frac{ds}{dt}\right)_{max}}$	s_{max}, s_{min} — максимальное и минимальное линейное приращение датчика; n — число двоичных разрядов; $(ds/dt)_{max}$ — максимальная скорость изменения нагретого воздушного потока
5	$\delta_с = \frac{s_{max} - s_{min}}{2^n - 1}$	$\delta_с$ — статическая погрешность
6	$\sigma_э = \sqrt{\sigma^2 + \sigma_и^2}$	$\sigma_э$ — эквивалентная среднеквадратическая ошибка; σ — средняя квадратичная ошибка; $\sigma_и$ — дисперсия погрешности квантования
7	$\Delta_д = \frac{q(\sigma_{сп} + \sigma_с + 0{,}5q)}{s(t_i)} 100\ \%$	q — число уровней; $\sigma_{сп}$— случайные ошибки; $s(t_i)$ — приращение датчика за время t_i
8	$W(S) = \frac{Y(S)}{X(S)} = \frac{1}{T_s + 1}$	$Y(S)$ — линейное перемещение ведомого вала; $X(S)$ — линейное перемещение датчика в зависимости от температуры охлаждающей жидкости; T_s — постоянная времени датчика
9	$T\frac{dy}{dt} + y(t) = x(t)$	T — время воздействия датчика на ведомый вал
10	$s(t) = 1 - e^{-\frac{t}{T}}$	e — основание натурального логарифма

исходит изменение его длины. Преобразование температурного режима в системе охлаждения в дискретный сигнал и осуществляет датчик методом квантования по времени. Процесс же такого квантования состоит в последовательной выборке перемещений отдельных секций датчика через определенный интервал t_k времени текущих значений непрерывного температурного воздушного потока. Период квантования t_k можно определить с помощью приближенной формулы № 4.

При выборе материала, обладающего эффектом памяти "аналог—код", необходимо вычислить статическую и динамическую погрешности.

Как известно, первая зависит от инструментальной погрешности преобразования (датчика) и определяется по формуле № 5. Средняя же квадратическая инструментальная погрешность зависит от $\sigma_э = 0{,}33\ (n - 1)$. Дисперсия погрешности квантования по числу уровней $q = 2^{n-1}$ при $n > 6$ будет $\sigma^2 = (q/2)^2/3$, откуда средняя квадратическая ошибка $\sigma = q/\sqrt{12}$.

Эквивалентную среднеквадратическую ошибку $\sigma_э$ можно представить формулой № 6. Значение случайной погрешности выражено в виде $\delta_{сл} = k'\sigma_у$ и зависит от коэффициента k', величина которого определяется характером закона распределения погрешности. (Для большинства преобразователей "аналог—код" $k' = 2$.)

Динамическую погрешность Δd преобразователя в момент времени t_i можно выразить формулой № 7, а более точное значение динамической погрешности датчика получают экспериментально или методом моделирования.

Динамические свойства устройства для включения вентилятора в целом соответствуют передаточной $W(S)$ функции (формула № 8). Их относят к апериодическому звену, которое представлено формулой № 9. Решение этого дифференциального уравнения при нулевых начальных условиях и $s(t) = [1]$ имеет вид переходной функции, записанной в виде формулы № 10. Характеристика переходной функции (см. рис. 2, *б*) указывает на устойчивость работы устройства.

Таким образом, применение в приводе вентилятора датчика, выполненного из материала с памятью формы, позволит значительно упростить конструкцию, повысить надежность работы привода и не потребует значительного расхода энергии двигателя либо сторонних ее источников.

УДК 629.1-43

Теоретическое обоснование методики формулирования закона управления регулируемым приводом ведущих колес прицепа автопоезда

Канд. техн. наук А.В. ЛЕПЕШКИН

МГТУ "МАМИ" (8.495. 223-05-23 доб. 1426)

Предлагается методика формулирования закона управления регулируемым приводом ведущих колес прицепа автопоезда.

Ключевые слова: *многоприводные колесные машины, автопоезд с активизированным прицепным звеном, критерий оценки энергоэффективности, оптимальное управление трансмиссией.*

Lepeshkin A.V.

THEORETICAL JUSTIFICATION OF FORMULATION METHOD FOR THE LAW OF CONTROL OF ADJUSTABLE DRIVE OF ARTICULATED TRUCK TRAILER

The author proposes formulation methods for the law of adjustment for application in the system of automatic adaptive control of trailer operating mode.

Keywords: *multi-drive wheeled vehicles, articulated truck with the active trailer, criterion of power efficiency estimation, optimum transmission control.*

Рассматриваемая ниже методика формулирования закона регулирования передаточного отношения привода ведущих колес прицепа разработана в ходе исследований, посвященных анализу перспектив повышения энергоэффективности автопоезда за счет активизации его прицепных звеньев. При этом объектом был автопоезд — лесовоз КрАЗ-643701 (6×6.2) с комбинированной трансмиссией, состоящей из традиционной механической, обеспечивающей привод колес задней оси тягача, и бесступенчатой регулируемой трансмиссии ведущих колес прицепа.

При проведении исследований использовалась математическая модель установившегося прямолинейного движения автопоезда, а для каждого из рассматриваемых условий его эксплуатации решался функционал, отображаемой формулой № 1 (см. таблицу).

Чтобы сформулировать закон регулирования, рекомендуемый для реализации в системе автоматического адаптивного управления (САУ) режимом работы трансмиссии и обеспечивающий в ней оптимальное значение передаточного отношения $i_{опт}$ в каждом из условий эксплуатации автопоезда, необходимо, очевидно, найти для этого закона регулирования аргументы (параметры), легко и надежно контролируемые в процессе движения. При этом важно выявить те из них, которые, кроме того, что их можно легко контролировать, имели бы относительно простую функциональную или косвенную взаимозависимость с величиной $i_{опт}$.

Проведенные исследования показали, что такие параметры есть. Это нормальная к опорной поверхности составляющая нагрузки R_{z3}, приходящаяся на ведущее колесо прицепа, а также крутящий момент $M_{к3}$, реализуемый на этом колесе. Причем их величины удобнее рассматривать в относительном виде (формулы № 2 и 3).

Оценка величины $\overline{R}_{z3}$ на современном уровне измерительной техники не вызывает особых затруднений. Для этого, например, можно воспользоваться сигналами датчиков, контролирующих деформации упругих элементов подвески соответствующих колес. Определить же величину $\overline{M}_{к3}$ сложнее. Если величину момента $M_{к3}$, реализуемого регулируемой трансмиссией САУ, как правило, позволяет контролировать, то надежного способа контроля момента, реализуемого на ведущем колесе АТС с приводом через механическую трансмиссию, пока нет. Поэтому предлагается при определении $M_{к_{ср}}$ воспользоваться, например, формулой № 4, позволяющей оценить средний момент $M_{к_{ср}}$ по величине момента M_e на валу ДВС (формула № 4 получена из условия, что ведущие колеса тягача и прицепа реализуют момент M_e от вала одного и того же двигателя).

Очевидно, что в реальных условиях эксплуатации автопоезда контролировать значение момента M_e гораздо менее трудоемко, чем величины моментов $M_{к_i}$ на каждом ведущем его колесе. Кроме того, предлагаемый способ, по сути, универсален, так как может использоваться и в других случаях создания САУ для АТС, например, когда необходимо оценить величину $M_{к_{ср}}$ на таком многоприводном автомобиле, где привод ведущих колес осуществляют несколько двигателей. При этом следует воспользоваться условным суммарным моментом $M_{e\Sigma}$, приведенным к валу основного двигателя (например, к валу, от которого работает нерегулируемый привод ведущих колес). Тогда для машины с ведущими колесами одинакового радиуса $M_{к_{ср}}$ рекомендуется вычислять по формуле № 5.

Итак, используя в качестве аргументов параметры $\overline{R}_{z3}$ и $\overline{M}_{к3}$, в результате проведенных исследований получены графики (рис. 1 и 2) взаимозависимостей величин этих параметров и значений оптимального передаточного числа $i_{опт}$ трансмиссии ведущих колес прицепа в различных условиях эксплуатации автопоезда, под которыми понимаются сила тяжести G перевозимого груза (от нуля до 300 кН), преодолеваемый угол α подъема дороги (от нуля до 10°) и условия сцепления эластичных колес с опорной поверхностью (сухой асфальт — φ = 0,7; влажный асфальт — φ = 0,5; влажная грязь на асфальте — φ = 0,3). Таким образом, каждая точка на этих графиках характеризует значения рассматриваемых параметров в конкретных условиях движения автопоезда.

Анализ графиков показывает, что изображенные на них зависимости практически при всех $i_{опт}$ близки к линейным, а их аргументами являются безразмерные величины, относительно просто вычисляемые на основании результатов измерения параметров, имеющих ясную физическую природу. В то же время некоторое смещение значений параметров в разных условиях движения автопоезда (при различных G, α и φ) и осо-

№ формулы	Формула	Примечания
1	$K_N = \frac{F_\Sigma v_а}{N_e} \Rightarrow \max$	K_N — интегральный энергетический критерий, характеризующий эффективность реализации мощности ДВС трансмиссией и движителем автопоезда; F_Σ — суммарная сила сопротивления движению автопоезда, при условии, что все его колеса работают в ведомом режиме качения; $v_а$ — скорость движения автопоезда; N_e — эффективная мощность ДВС
2	$\bar{R}_{z3} = \frac{R_{z3}}{R_{z_{ср}}} = \frac{5R_{z3}}{R_{z1} + 2R_{z2} + 2R_{z3}}$	$R_{z_{ср}}$ — средняя величина нормальных к опорной поверхности нагрузок, приходящихся на колеса автопоезда; R_{z1}, R_{z2}, R_{z3} — величины нормальных к опорной поверхности нагрузок, приходящихся на колеса автопоезда (j = 1, 2, 3 — номер оси автопоезда)
3	$\bar{M}_{к3} = \frac{M_{к3}}{M_{к_{ср}}}$	$M_{к_{ср}}$ — средняя величина крутящих моментов, реализуемых на ведущих колесах автопоезда; $M_{к3}$ — величина крутящего момента, реализуемого на ведущем колесе прицепа автопоезда
4	$M_{к_{ср}} = \frac{M_e i_{кп} i_р i_{тр}}{8}$	M_e — эффективный крутящий момент на валу ДВС; $i_{кп}$ — передаточное число коробки передач; $i_р$ — то же раздаточной коробки; $i_{тр}$ — то же главной передачи
5	$M_{к_{ср}} = \frac{M_{e_\Sigma} i_{осн}}{k} = \frac{\Sigma N_{e_i} i_{осн}}{\omega_{e_{осн}}}$	$i_{осн}$ — передаточное число трансмиссии, работающей от основного двигателя; k — число ведущих колес у АТС; N_{e_i} — мощность i-го двигателя; $\omega_{e_{осн}}$ — угловая скорость вращения вала основного двигателя
6	$\bar{M}_{к3} = a + b\bar{R}_{z_{ср}}$	a и b — безразмерные коэффициенты аппроксимации (на рис. 3: a = 0,3215, b = 0,6427)
7	$\Delta M_{к3} = M_{к3} - M_{к_{ср}}\left(a + b\bar{R}_{z3}\right)$	—
8	$\Delta M_{к_{ij}} = M_{к_{ij}} - M_{к_{ср}} \bar{M}_{к_{ij}}$	$M_{к_{ij}}$ — текущее значение крутящего момента, реализуемого на ведущем колесе машины; i — индекс, характеризующий ведущую ось; j — индекс левого или правого колеса этой оси

бенно для графиков, характеризующих движение автопоезда по горизонтальной опорной поверхности, указывают на то, что для построения САУ передаточным отношением привода ведущих колес его прицепа необходимы дополнительные параметры, уточняющие закон регулирования.

Существенное отличие графиков, характеризующих движение рассматриваемого автопоезда по горизонтальной опорной поверхности, от других условий его движения при перевозимом грузе G, сила тяжести которого превышает 150 кН, объясняется тем, что при этом ограничен диапазон возможного изменения величины относительного передаточного отношения i_x привода ведущих колес прицепа, в пределах которого не возникает циркуляция мощности в трансмиссии автопоезда. Попытка дальнейшего его увеличения приводит к тому, что ведущие колеса тягача переходят в тормозной режим, в результате резко снижается энергоэффективность автопоезда. Поэтому программа оптимизации, решающая исследуемый функционал (формула № 1), выбирает значение $i_{опт}$ на границе перед этим переходом. Следствие вступления в силу нового условия — изменение характера рассматриваемых зависимостей от $i_{опт}$ при движении автопоезда по горизонтальной опорной поверхности.

Следует отметить, что в подавляющем большинстве рассмотренных случаев движения автопоезда получается, что $i_{опт} < 1{,}0$. Это обстоятельство указывает на то, что наилучшие с точки зрения энергоэффективности результаты получаются при некотором опережении вращения ведущих колес задней оси тягача по отношению к ведущим колесам прицепа. Очевидно, это обусловлено большей эффективностью взаимодействия ведущих колес тягача с опорной поверхностью, причина которой — в получившемся при расчете распределении массы автопоезда по его осям.

Все, как видим, логично. Однако у приведенных выше зависимостей есть один общий недостаток — малый диапазон (от 0,982 до 1,003) регулирования оптимального относительного передаточного отношения $i_{опт}$ привода ведущих колес прицепа. Несмотря на то, что этот диапазон получен в результате анализа изменения параметров, характеризующих движение автопоезда в условиях недеформируемого основания, т. е. в условиях максимально жестких, вряд ли следует ожидать существенного его увеличения при движении автопоезда по деформируемому основанию. Это означает, что при создании САУ передаточным отношением привода ведущих колес прицепа к ней должны быть предъявлены очень жесткие требования по точности отслеживания $i_{опт}$. Скорее всего, создание САУ такой точности в настоящее время для нужд общего машиностроения представляется даже нецелесообразным. Поэтому предлагается строить такие САУ по выходным параметрам, характеризующим условия работы ведущих колес прицепа. Для этого, например, можно воспользоваться графиком взаимозависимости $\bar{M}_{к3} = f(\bar{R}_{z3})$, приведенным на рис. 3. Он получен

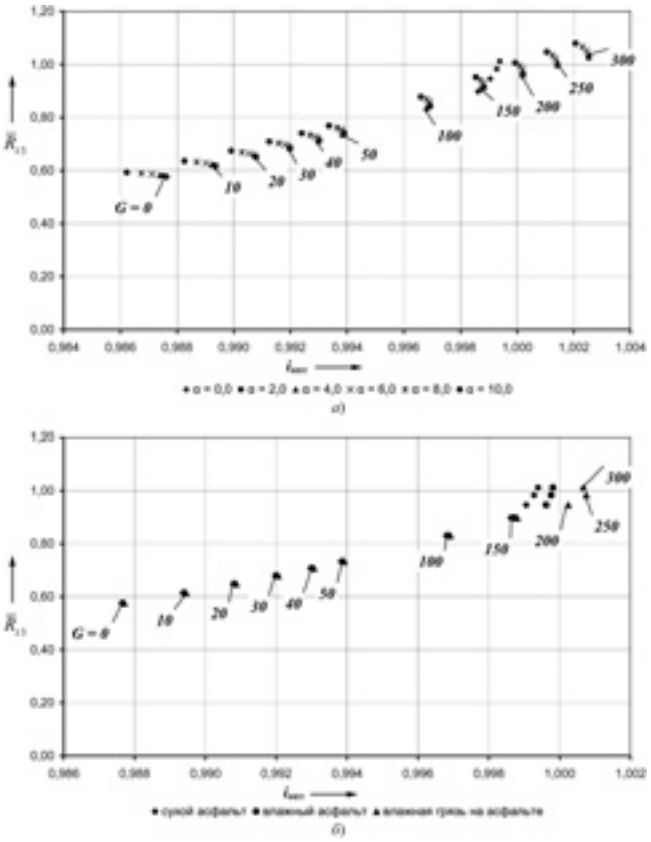


Рис. 1. Взаимозависимость относительной нормальной нагрузки $\overline{R}_{z3}$, приходящейся на ведущее колесо прицепа, и $i_{опт}$ для разных величин перевозимого автопоездом груза G [кН]: а — по сухому асфальту при разных преодолеваемых углах α [°] подъема дороги; б — по горизонтальной дороге и разных условиях сцепления колес с опорной поверхностью

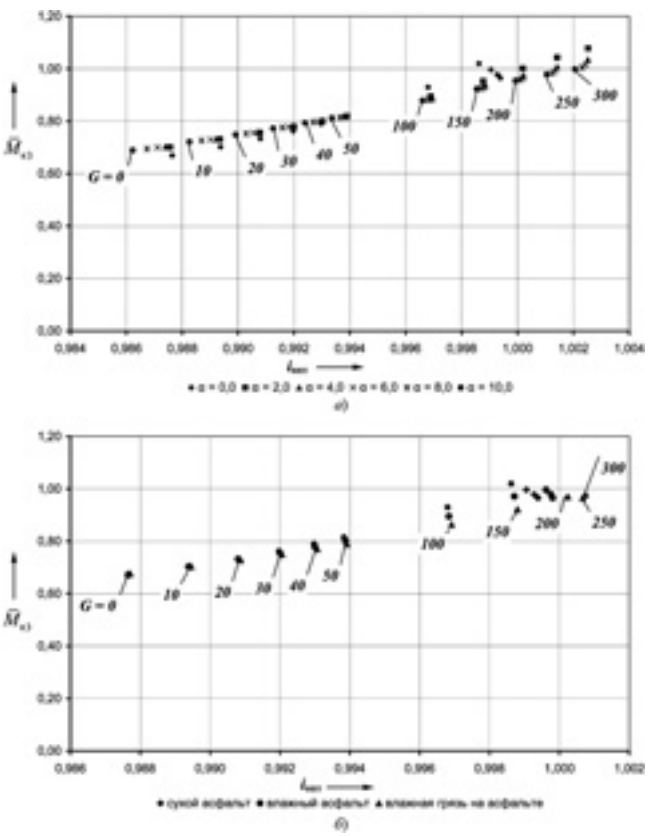


Рис. 2. Взаимозависимость относительного значения момента $\overline{M}_{к3}$, реализуемого на ведущем колесе прицепа, и $i_{опт}$ для разных величин перевозимого автопоездом груза G [кН]: а — по сухому асфальту при разных преодолеваемых углах α [°] подъема дороги; б — по горизонтальной дороге и разных условиях сцепления колес с опорной поверхностью

в результате объединения графиков, приведенных на рис. 1 и 2. Как видим, $\overline{M}_{к3}$ здесь изменяется в диапазоне от ~0,67 до ~1,1, т. е. диапазон его изменения составляет ~0,43, или ~39 % возможного максимального значения, а $\overline{R}_{z3}$ – от ~0,57 до ~1,08, т. е. величина этого диапазона равна ~0,51, или ~47 % возможного максимального значения.

На полученном графике каждая точка соответствует данным, полученным в результате решения исследуемого функционала (формулы № 1) в конкретных условиях эксплуатации рассматриваемого автопоезда. При этом следует отметить, что на нем нанесены все полученные в результате расчетов данные, без указания на то, в каких условиях движения этого автопоезда они определены. То есть график показывает общую тенденцию изменения взаимозависимости $\overline{M}_{к3} = f(\overline{R}_{z3})$ для исследуемого автопоезда при обеспечении оптимального значения относительного передаточного отношения $i_{опт}$ привода ведущих колес прицепа в принятых для анализа условиях его эксплуатации (прямолинейное установившееся движение по ровной недеформируемой опорной поверхности).

Осредненный характер этой взаимозависимости показан на этом же графике в виде линии тренда (линейная аппроксимация). На графике представлены также аналитическое уравнение этой линии тренда и ранг R^2 достоверности проведенной линейной аппроксимации, значение которого превышает 93 %.

Очевидно, что использование полученной взаимозависимости (рис. 3) в качестве закона регулирования привода ведущих колес прицепа рассматриваемого автопоезда возможно, если СААУ в процессе регулирования будет поддерживать соотношение между $\overline{M}_{к3}$ и

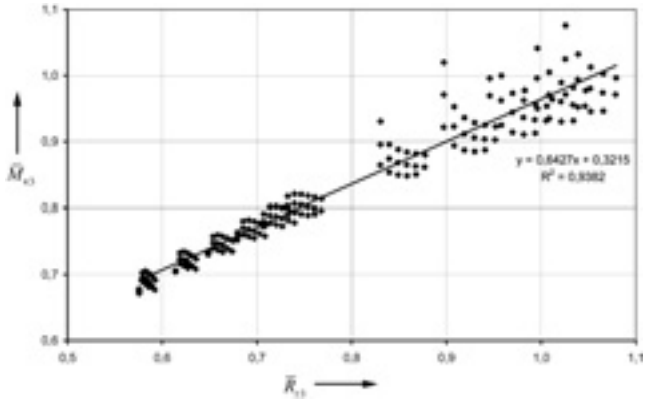


Рис. 3. Взаимозависимость $\overline{M}_{к3} = f(\overline{R}_{z3})$, соответствующая передаточному отношению привода ведущих колес прицепа, равному $i_{опт}$, и принятая за основу для формулирования закона регулирования, предлагаемого для использования в СААУ

$\overline{R}_{z3}$, определенное этим графиком. Выполнение этого условия означает обеспечение оптимального относительного передаточного отношения $i_{опт}$ привода.

Анализ причин отклонения расчетных значений от принятой осредненной взаимозависимости показывает, что влияние угла α обусловлено изменением связанных с ним сил сопротивления движению автопоезда. Но следует помнить, что на величину сил сопротивления движению оказывают влияние и возникающие при разгоне автопоезда силы инерции. Поэтому, если при создании СААУ необходимо вводить коррекцию по режиму работы автопоезда, связанную с изменением величины угла α, то для этой цели можно рекомендовать датчик маятникового типа, установленного на остове машины. При этом его сигнал будет одновременно нести информацию как о величине преодолеваемого автопоездом угла α подъема дороги, так и о степени нестационарности его продольного движения.

Таким образом, предлагается для обеспечения максимальной энергоэффективности многоприводного автопоезда с активным прицепом в СААУ передаточным отношением регулируемой трансмиссии прицепа использовать базовую зависимость $\overline{M}_{к3} = f(\overline{R}_{z3})$, имеющую в общем случае вид формулы № 6. Тогда, заложив эту зависимость в память СААУ и обеспечив отслеживание в процессе движения автопоезда в каждый момент времени отклонение реального соотношения между $\overline{M}_{к3}$ и $\overline{R}_{z3}$ от нее, СААУ сможет определить, на какую величину $\Delta M_{к3}$ необходимо скорректировать текущее значение $M_{к3}$ на ведущих колесах прицепа, чтобы в данных условиях получить требуемое оптимальное передаточное отношение $i_{опт}$ их привода. Формула, позволяющая выполнить этот расчет, приведена в таблице под № 7.

При необходимости в СААУ можно также ввести отмеченную выше корректировку по сигналу датчика маятникового типа.

Очевидно, что СААУ, определив $\Delta M_{к3}$, должна выработать и подать сигнал на соответствующий исполнительный орган, управляющий трансмиссией, с тем, чтобы обеспечить $i = i_{опт}$. Своевременность и точность обработки этого сигнала определяет, насколько эффективно СААУ обеспечивает приспособляемость автопоезда к условиям движения по $\overline{M}_{к3}$. Другими словами, такой способ регулирования передаточного отношения трансмиссии транспортного средства можно рассматривать как обеспечивающий требуемое силовое согласование работы его ведущих колес.

Обобщив данные исследований, можно, наконец, сформулировать общий вид закона регулирования режима работы привода ведущих колес самоходной машины по силовому фактору. Это формула № 8.

Таким образом, можно утверждать, что оптимальная величина $M_{к_{ij}}$ зависит, прежде всего, от относительной нормальной к опорной поверхности нагрузки $\overline{R}_{z_{ij}}$, приходящейся на конкретное ведущее колесо машины, а также от коэффициента φ сцепления его шины с опорной поверхностью и сигналов α_x и α_y, поступающих, например, с датчиков маятникового типа, установленных на остове машины и работающих в продольно-вертикальной и поперечно-вертикальной плоскостях соответственно. Следует также ожидать существенного влияния на эту величину характеристик привода ведущих колес, использующегося на транспортном средстве.

Очевидно, что в конкретном случае построения СААУ, например, для рассматриваемого автопоезда-лесовоза с бесступенчато регулируемым индивидуальным приводом ведущих колес прицепа необходимы специальные исследования по определению соответствующей функции, позволяющей вычислять текущие значения относительных величин моментов $M_{к_{ij}}$ на ведущих колесах в предложенном законе регулирования. Для нахождения этой функции и рекомендуется изложенная выше методику.

УДК 623

Живучесть ВАТ и боестойкие шины

А.Н. БАБАКИН

Рязанское ВВДКУ имени генерала армии В.Ф. Маргелова
(4912 44-94-75)

Рассмотрена динамика прогрева боестойких автомобильных шин отечественного и зарубежного производства.

Ключевые слова: *боестойкая шина, разогрев шины, теплоизлучение.*

Babakin A.N.

MILITARY VEHICLES SURVIVABILITY AND INVULNERABLE TIRES

The dynamics of thermal loading and warm-up of domestic and foreign sound of tires.

Keywords: *invulnerable tires, warm-up of tires, thermal radiation.*

Живучесть — одно из первоочередных требований, предъявляемых к военной автомобильной технике. Одна из составляющих этого свойства — скрытность от технических средств разведки, достигаемая путем снижения уровня демаскирующих ее излучений в видимом, инфракрасном (тепловом) и радиолокационном диапазонах длин волн. Причем в последние годы особую остроту приобретает проблема защиты ВАТ именно в инфракрасном диапазоне. Все дело в том, что обнаружение любых наземных объектов, в том числе ВАТ, и наведение на них средств поражения выполняются сейчас по их температурным контрастам с фоном, а распознавание — по тепловым портретам (термограммам) и их статистическим оценкам. И с этой точки зрения изделия ВАТ довольно уязвимы. Особенно сильным демаскирующим признаком является тепловое излучение автомобильных шин, замаскировать которое довольно сложно, поскольку колеса (и в первую очередь управляемые) представляют собой подвижный элемент конструкции автомобиля, подвергаемый постоянно изменяемым нагрузкам и деформациям.

Из всего сказанного напрашивается вывод: чтобы снизить демаскирующий эффект шин, необходимо,

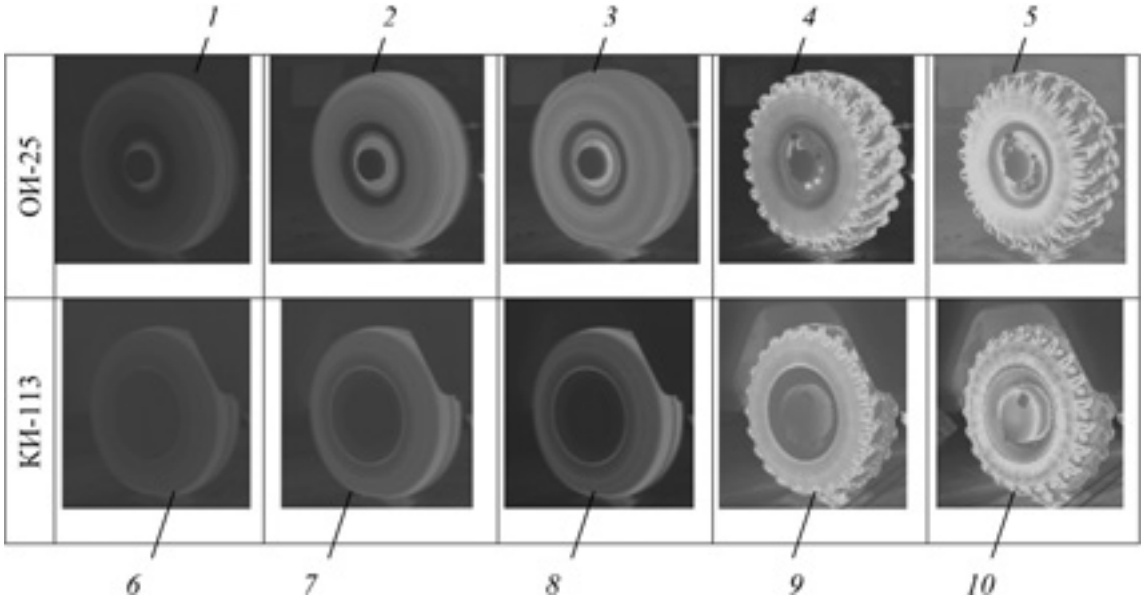


Рис. 1. Термоизображения шин ОИ-25 (а) и КИ-113 (б):

1, 6 — после 1 мин работы, температуры 27,0 и 30,3 °С соответственно; *2, 7* — после 5 мин работы, температуры 44,3 и 39,1 °С соответственно; *3, 8* — после 10 мин работы, температуры 56,3 и 41,7 °С соответственно; *4, 9* — в момент прекращения вращения колеса, температуры 75,5 и 80,3 °С соответственно; *5, 10* — через 3 мин после прекращения вращения колеса, температуры 99,5 и 92,6 °С соответственно

чтобы их тепловое излучение было как можно меньшим. Например, снизить его за счет рациональной (с точки зрения снижения гистерезисных потерь) конструкции шин и выбора их материала.

Этот вывод базируется на результатах анализа тепловой нагруженности одной отечественной (бескамерная радиальная КИ-113 со вставкой) и трех зарубежных ("Пирелли Эйфория" с усиленной боковиной; "Гудир Вранглер МТ" с внутренней опорой; "Пирелли Писта" с внутренней опорой) боестойких автомобильных шин (см. таблицу). Их показатели сравнивались с показателями серийной отечественной диагональной шины ОИ-25.

Все шины испытывались на барабанах трехосного стенда при скорости 80 км/ч в течение 80 мин, тепловизионная съемка их разогрева осуществлялась в процессе движения, а также после остановки.

Исходными данными для расчетов температур их элементов были термоизображения, приведенные на рис. 1 и 2. Они демонстрируют динамику прогрева шин с течением времени при вращении колеса на барабанах стенда в ведомом режиме и обеспечивают визуальное выявление зон с наибольшей температурой, т. е. зон, указывающих на концентрацию в них механических потерь, что чрезвычайно важно при конструировании шины. При этом величина дифферента температур (изменения во времени, от зоны к зоне и т. п.) служит оценкой равномерности распределения механических нагрузок (а вместе с ними — и тепловых потерь) по конструкции шины.

Термоизображения позволили оценить температуры нагрева поверхности практически всех элементов шины — центра и плечевой зоны беговой дорожки, центра и плечевой зоны боковины, посадочного кольца. Полученные в процессе обработки максимальные значения этих температур для испытанных шин приведена на рис. 3—7.

Динамика прогрева обеих отечественных шин во многом схожа. Наибольшие значения температур наблюдаются в области беговых дорожек и их плечевых зон. То есть прирост температуры беговой дорожки выше ее прироста на боковине шины. Это означает, что при вращении шины на барабанах ее деформация в контакте с опорной поверхностью оказывает бóльшее влияние на ее тепловую нагруженность, чем изгибные деформации, возникающие в элементах боковины.

Оценка динамики изменения температуры поверхностей отечественных шин после остановки барабанов стенда показала, что наибольшее тепловыделение проявляется в течение первых 2—3 мин после остановки.

Шина	Автомобиль	Размерность шины	Внутреннее давление, МПа (кгс/см^2)	Нагрузка на колесо, т
ОИ-25	"Урал-43206"	370-508/14.00-20	32 (3,2)	3,0
КИ-113	ГАЗ-2330 "Тигр"	12.00R20	40 (4,0)	1,9
"Пирелли Эйфория"	УАЗ-29661	205/50R17	28 (2,8)	0,6
"Гудир Вранглер МТ"	"Хаммер"	12.5/R16.5	27 (2,7)	1,6
"Пирелли Писта"	"Урал-43206"	14.00R20	40 (4,0)	3,0

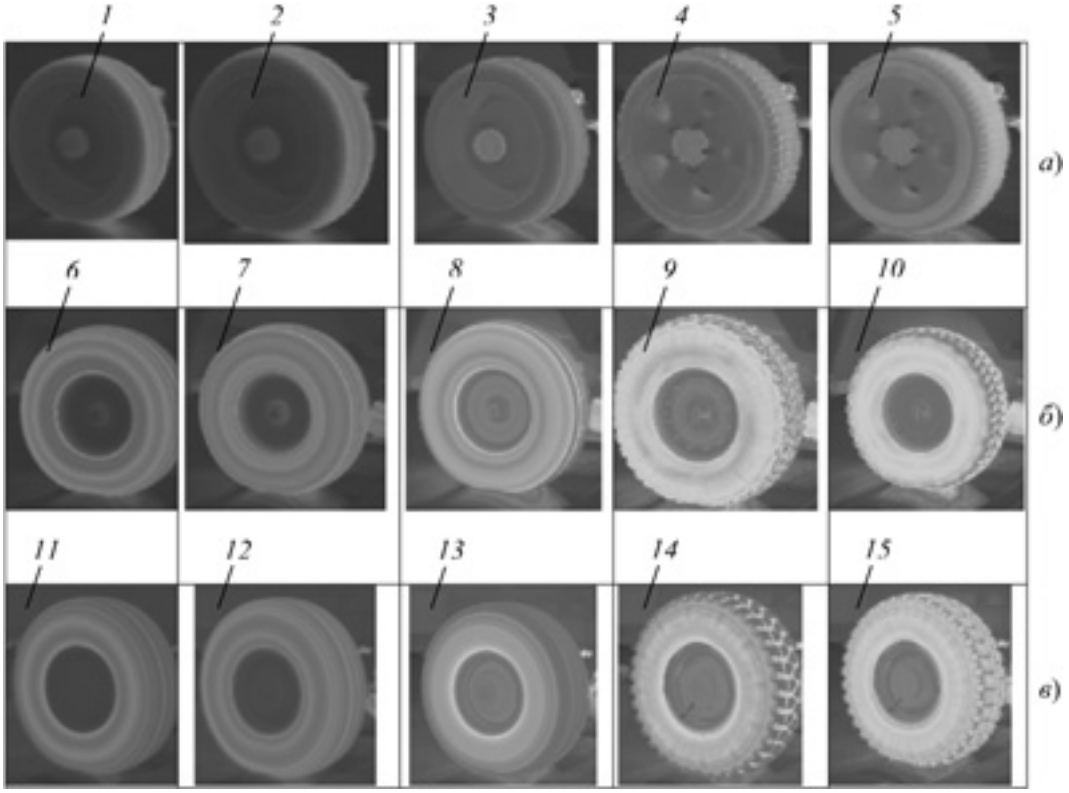


Рис. 2. Термоизображения шин "Пирелли Эйфория" (а), "Гудир Вранглер МТ" (б) и "Пирелли Писта" (в):

1, 6, 11 — после 5 мин работы, температуры 43,2; 45,3 и 39,5 °С соответственно; *2, 7, 12* — после 10 мин работы, температуры 42,7; 48,3 и 43,4 °С соответственно; *3, 8, 13* — после 80 мин работы, температуры 50,3; 57,2 и 55,7 °С соответственно; *4, 9, 14* — в момент прекращения вращения колеса, температуры 52,5; 57,2 и 68,4 °С соответственно; *5, 10, 15* — через 3 мин после вращения колеса, температуры 55,1; 60,3 и 72,9 °С соответственно

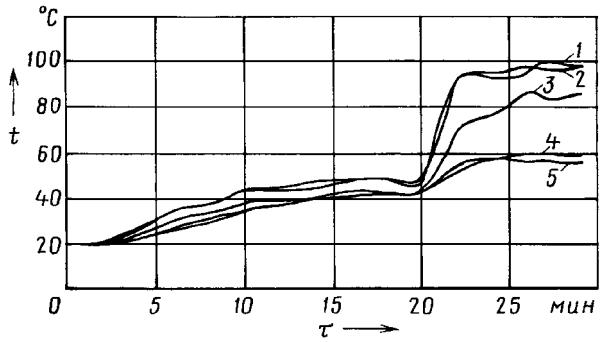


Рис. 3. Динамика разогрева шины ОИ-25:

1 — центр левой дорожки; *2* — плечевая зона; *3* — плечевая зона боковины; *4* — центр боковины; *5* — посадочное кольцо

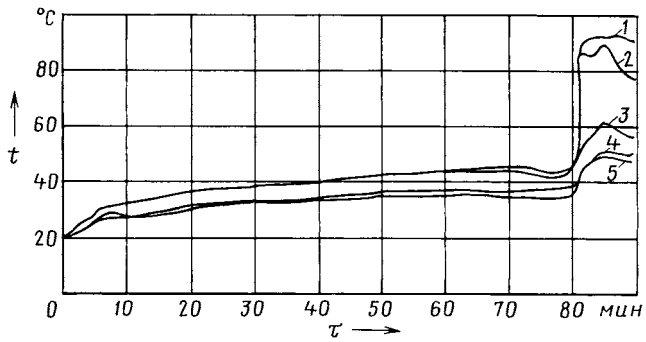


Рис. 4. Динамика разогрева шины КИ-113:

1 — центр беговой дорожки; *2* — плечевая зона; *3* — плечевая зона боковины; *4* — центр боковины; *5* — посадочное кольцо

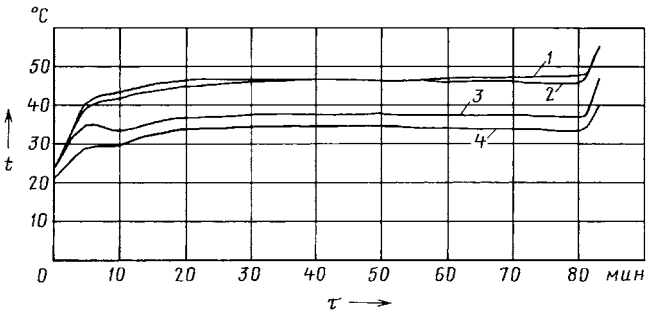


Рис. 5. Динамика разогрева шины "Пирелли Эйфория":

1 — центр беговой дорожки; *2* — плечевая зона; *3* — центр боковины; *4* — посадочное кольцо

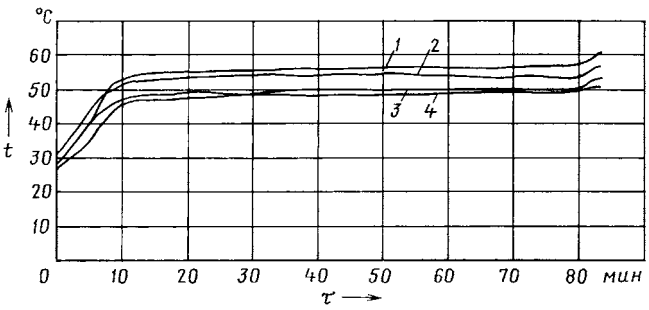


Рис. 6. Динамика разогрева шины "Гудир Вранглер МТ":

1 — центр беговой дорожки; *2* — плечевая зона; *3* — центр боковины; *4* — посадочное кольцо

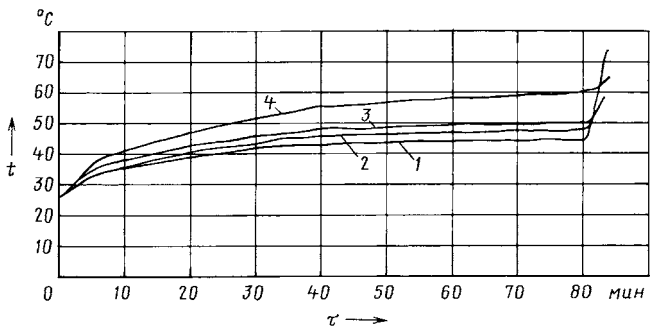


Рис. 7. Динамика разогрева шины "Пирелли Писта":
1 — центр беговой дорожки; *2* — плечевая зона; *3* — центр боковины; *4* — посадочное кольцо

Обращает на себя внимание и тот факт, что в этот промежуток времени максимальная температура возрастает довольно резко, на 46—50 °С, и достигает в отдельных точках 92—99 °С. Что не превышает требования ГОСТ РВ 52395—2005 (не выше 110 °С). Однако для обеспечения малозаметности ВАТ такие значения неприемлемы: в соответствии со специальными требованиями контраст локальных зон объекта защиты с фоном не должен превышать 10—12 °С. Фактический температурный контраст отечественных шин превысил 30 °С. Это означает, что максимальная температура шины не должна быть больше 70 °С.

Из полученных результатов можно сделать вывод: наиболее теплонагруженный элемент обеих отечественных шин — резиновый или резинокордный слой, расположенный между каркасом и протектором, т. е. брекер. Он представляет собой своеобразный аккумулятор теплоты в шине, который при ее движении накапливает тепловую энергию, а при остановке в течение небольшого (2—3 мин) промежутка времени отдает ее через внешнюю поверхность окружающей среде.

Накопление тепловой энергии возникает в результате того, что брекерный слой работает в условиях многократных деформаций на растяжение, сжатие и сдвиг. Эти деформации приводят к существенному теплообразованию и из-за плохой теплопроводности резины — к значительному накоплению теплоты в брекере.

Необходимо также отметить, что для рассмотренных отечественных шин, предназначенных для автомобилей повышенной проходимости, весомый вклад в уровень тепловой нагруженности вносит протектор. В процессе качения колеса он работает на растяжение, двухстороннее сжатие и сдвиг.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при высоких скоростях движения, когда появляются дополнительные деформации протектора из-за инерционных сил, толстый протектор дает весьма интенсивный уровень тепловыделения. В нашем случае накопление теплоты и ее последующее проявление на поверхности шины ОИ-25 составило 99,5 °С, шины КИ-113 — 92,6 °С. Более высокий уровень тепловой нагруженности шины ОИ-25 вполне ожидаем, поскольку ее конструкция — диагональная, имеющая более высокий уровень гистерезисных потерь, чем шины радиальные.

Сравнивая результаты тепловой нагруженности отечественных и зарубежных шин в аналогичных условиях, можно говорить о следующем.

Динамика прогрева отечественных и зарубежных образцов шин во многом схожа. Но скорость нарастания и количественные значения температур отечественных образцов значительно превышают зарубежные.

Так, максимальные значения температур у тех и других шин наблюдаются в области беговых дорожек и плечевых зон беговых дорожек, но максимальные значения температур зарубежных шин "Пирелли Эйфория" и "Гудир Вранглер МТ" лежат в диапазоне 50—55 °С. Причем у них так же, как и у отечественных шин, прирост температуры беговой дорожки выше прироста температуры боковины. Это подтверждает сделанный выше вывод о том, что деформация шины в контакте с опорной поверхностью оказывает бóльшее влияние на ее тепловую нагруженность, чем изгибные деформации, возникающие в элементах боковины. Однако для шины "Пирелли Писта" максимальный прирост температур наблюдается в районе посадочного кольца и боковины. Что может быть объяснено дисбалансом, эксцентриситетом диска или внутренней вставки, а также нагревом диска колеса от элементов трансмиссии и конвективной теплопередачей его в тело шины.

Оценка теплонагруженности шин после остановки барабанов стенда показала, что наибольший нагрев зарубежных шин тоже проявляется в течение 2—3 мин после окончания прокручивания. Однако максимальная температура их поверхности возрастает не так резко (всего на 10—20 °С), как это наблюдается на отечественных шинах (на 46—50 °С). Например, если у отечественных шин максимальная температура после остановки достигала в отдельных точках 92—99 °С, то у зарубежных образцов эти значения составили: для "Пирелли Эйфория" — 55 °С, "Гудир Вранглер МТ" — 60,3 и "Пирелли Писта" — 72,9 °С.

Полученные значения максимальных температур на зарубежных образцах не только не превышают требования ГОСТ РВ 52395—2005, но и вполне приемлемы для обеспечения малозаметности ВАТ, поскольку среднегабаритная яркостная температура зарубежных шин не больше 30 °С. Следовательно, для уровня фона в 20 °С контрастная среднегабаритная температура шин с фоном не превысит нормативных 10—12 °С. Если же говорить об отечественных шинах, то, как уже упоминалось, температурный контраст шин с фоном составил более 30 °С, что неприемлемо для обеспечения малозаметности, а следовательно, и живучести ВАТ в условиях современного боя.

Таким образом, сравнительный анализ тепловой нагруженности отечественных и зарубежных боестойких шин в условиях изменяемого напряженно-деформированного состояния свидетельствует о весьма существенном превосходстве зарубежных образцов над отечественными. Это должно послужить основанием для организации работ по созданию отечественных шин с низким уровнем теплового излучения, что будет способствовать улучшению важнейшего свойства ВАТ — повышению живучести за счет снижения тепловой заметности.

УДК 621.43-72

О СРОКАХ ЗАМЕНЫ МОТОРНЫХ МАСЕЛ АТС В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Ш.П. МАГДИЕВ, д-р техн. наук Б.И. БАЗАРОВ

ТАДИ (8.371. 232-14-89)

Рассматриваются вопросы периодичности замены моторных масел для двигателей автомобилей, эксплуатируемых в горных условиях Узбекистана.

Ключевые слова: *моторные масла, горные условия, нормирование, периодичность замены.*

Magdiev Sh.P., Bazarov B.I.

ABOUT PERIOD THE MOTOR OILS CHANGE FREQUENCY IN AUTOMOBILES IN THE MOUNTAINOUS CONDITIONS

The modern problems of motor oils change frequency for the automobiles' engines exploited in the mountainous conditions of Uzbekistan have been considered.

Keywords: *standardization, mountainous conditions, motor oils, frequency of change.*

При эксплуатации автомобилей в горных условиях, например, Узбекистана, где высота перевалов достигает 2500 м над уровнем моря, а дороги имеют длительные, протяженностью 15—20 км, спуски, подъемы и крутые повороты, из-за сниженного атмосферного давления существенно (на 30—40 %) уменьшается мощность двигателя и, соответственно, — тягово-скоростные свойства автомобиля. Кроме того, растет температура охлаждающей жидкости, значит, снижается кинематическая вязкость масла, что ведет к интенсивному износу деталей ЦПГ. Наконец, для АТС, эксплуатируемых в горной местности, характерен преждевременный износ тормозных накладок и шин.

Все, в общем-то, об этом знают. Тем не менее до настоящего времени так и не выработаны научно обоснованные нормы сроков замены моторных масел в двигателях автомобилей, работающих в таких условиях. Вывод: сложившееся положение необходимо исправлять.

С этой целью были проведены экспериментальные исследования, в ходе которых попытались "увязать" физико-химические свойства моторных масел с содержанием продуктов износа в наиболее массовых для Узбекистана маслах (М-10ДМ, М-14ДМ и "Тексако DMO 15W-40") и их пробегом в горных условиях.

В эксперименте были задействованы седельные автопоезда в составе трехосного тягача МАЗ-642208-20 и полуприцепа-цистерны "Истамбул-Фрейхаув" (Турция), которые широко используются для перевозки нефтепродуктов в горных условиях Узбекистана по маршруту "Ангрен—Пан Ангрен".

Анализ стандартов и рекомендаций заводов-изготовителей автомобилей, а также заводов, выпускающих моторные масла, позволил установить предельно допустимые значения физико-химических показателей и содержания продуктов износа в масле.

Так, оказалось, что вязкость любого из перечисленных масел при 373 К (100 °С) не должна снижаться более чем на 15—20 % от ее номинального значения, а повышаться — не более чем на 20—25 %; температура его вспышки в открытом тигле должна быть не менее 453 К (180 °С); общее щелочное число — не менее 3 мг КОН/г; содержание топлива не должно превышать 0,8 %. Что касается металлических примесей, то их должно быть не более: железа — 0,100 мг/кг; меди — 0,045; алюминия — 0,015; свинца — 0,100; хрома — 0,015; кремния — 0,015 и олова — 0,020 мг/кг.

Результаты исследования приведены в табл. 1, 2.

Как видно из первой из них, вязкость масла при наработке до 13 тыс. км пробега повышается до 16 мм^2/с, т.е. на 18 % по сравнению с исходными данными. Это не больше допустимых пределов. Однако после наработки 13 тыс. км наблюдается ее увеличение, которое больше допустимых пределов. Причина — ускоренное окисление и образование вторичных продуктов.

Снижение щелочного числа до минимально допустимого значения (3 мгКОН/г) тоже происходит в основном после 13 тыс. км пробега.

Из таблицы видно также, что температура вспышки у масел М-10 ДМ и М-14 ДМ возросла до 423 К (250 °С), а у "Тексако DMO 15W-40", наоборот, снизилась, по сравнению с температурой вспышки свежего масла, до 483 К (210 °С).

Нельзя не отметить и такое обстоятельство: после каждой поездки автомобилей по типовому маршруту в картер двигателя приходилось доливать 1—1,5 л свежего масла. То есть при движении АТС в горных ус-

Таблица 1

Моторное масло	Вязкость при 100 °С, сСт	Щелочное число, мг · КОН/г	Температура вспышки, К (°С)	Пробег автомобиля, км
М-10 ДМ	11,4	8,07	506 (233)	0
	11,58	7,04	516 (243)	6409
	12,27	6,73	518 (245)	10 000
	12,78	5,1	524 (251)	13 000
М-14 ДМ	14,7	9,17	509 (236)	0
	14,97	7,03	516 (243)	6700
	14,99	5,97	519 (246)	8614
	15,1	5,91	529 (256)	13 095
"Тексако DMO 15W-40 Супер Урса"	14,3	8,25	519 (246)	0
	15,3	4,9	503 (230)	6736
	15,9	4,87	499 (226)	10 000
	15,9	4,99	502 (229)	13 000

Таблица 2

Моторное масло	Пробег с начала эксплуатации, км	Наработка масла, км	Средние значения содержания металла в масле, мг/кг						
			Fe	Pb	Al	Cu	Cr	Si	Sn
М-10 ДМ	—	0	0,040	0,019	0,004	0,107	0,010	0,006	0,012
	26 153	3213	0,064	0,027	0,007	0,283	0,011	0,009	0,014
	51 800	12 000	0,126	0,063	0,025	0,389	0,020	0,015	0,020
М-14 ДМ	—	0	0,045	0,020	0,004	0,102	0,011	0,006	0,002
	45 000	8614	0,073	0,046	0,010	0,205	0,012	0,012	0,014
	53 592	3500	0,062	0,046	0,009	0,147	0,012	0,013	0,013
	63 046	10 163	0,105	0,051	0,015	0,254	0,015	0,014	0,023
"Тексако DMO 15W-40 Супер Урса"	—	0	0,031	0,020	0,008	0,092	0,010	0,002	0,014
	27 506	3487	0,044	0,035	0,009	0,231	0,012	0,005	0,016
	35 493	10 000	0,098	0,056	0,014	0,251	0,012	0,008	0,019
	54 450	11 631	0,111	0,057	0,017	0,291	0,013	0,010	0,020

ловиях, когда резко возрастает теплонапряженность деталей двигателя, существенно увеличивается расход масла на угар.

Данные табл. 2 говорят о том, что до 13 тыс. км пробега количество железа в пробах возрастает пропорционально пробегу. Причем до 10 тыс. км количество этого железа достигает 0,120—0,130 мг/кг, что на 20—25 % превышает предельно допустимое значение (0,100 мг/кг). При дальнейшей эксплуатации автопоезда темп нарастания концентрации железа в пробах масла сохраняется.

Количество свинца в пробах масла при наработке до 10 тыс. км растет тоже пропорционально пробегу автопоездов. Однако после наработки свыше 13 тыс. км его концентрация резко увеличивается и достигает 0,150 мг/кг, что на 45—50 % превышает предельно допустимое значение (0,100 мг/кг).

Содержание алюминия, хрома и олова в пробах масла при наработке до 10 тыс. км повышается пропорционально пробегу автопоездов, но уже свыше 10 тыс. км их количество возрастает: алюминия до 0,025—0,030 мг/кг, хрома — до 0,020—0,030 мг/кг — почти в 2 раза больше их предельно допустимых значений (0,015 мг/кг), а количество олова достигает предельно допустимого значения (0,020 мг/кг).

Количество меди и кремния при наработке до 13 тыс. км возрастает пропорционально пробегу автопоездов, но при большей наработке быстро достигает предельно допустимых значений (0,045 и 0,015 мг/кг соответственно).

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что основные показатели качества всех трех исследованных моторных масел сохраняются в течение пробега, не превышающего 13,5 тыс. км.

Но с эксплуатационной точки зрения рациональную периодичность их замены можно принять равной не более 10,5 тыс. км. То есть данная периодичность будет соответствовать трехкратному проведению ТО-1.

УДК 656.13

Совершенствование организации движения при перевозке крупногабаритных и тяжеловесных грузов

Канд. техн. наук В.А. ГРАНОВСКИЙ, Д.Н. ШУШАКОВ, А.Е. ОДИНЦОВ

Кубанский ГТУ (861. 275-86-19),
ОАО "Кубаньавтоцентр" (861. 224-29-73),
ГУП КК "СМЭУ" (861. 233-92-08)

Исследованы проблемы организации перевозок крупногабаритных и тяжеловесных грузов. Обоснована необходимость совершенствования системы организации пропуска автомобилей с грузом на пунктах весового контроля.

Ключевые слова: *безопасность движения, крупногабаритные грузы, тяжеловесные грузы, весовой контроль.*

Granovsky V.A., Shushakov D.N., Odintsov A.E.

ORGANIZATION AND TRAFFIC SAFETY PERFECTION BY TRANSPORTATION LARGE-SIZED AND HEAVY CARGOES ON TERRITORY OF KRASNODAR TERRITORY

Problems of the organisation of transportations of large-sized and heavy cargoes are investigated. Necessity of perfection of system of the organisation of the admission of cars with cargo on points of the weight control is proved.

Keywords: *traffic safety, bulkycargo, heavy loads, weight control.*

В условиях роста объемов производства в целом по Российской Федерации, обусловленного экономическим подъемом в последние два года, наблюдается и оживление международных перевозок тяжеловесных и крупногабаритных грузов морским транспортом через южные порты России на Азовском и Черном морях. В этой связи Правительством РФ утверждена государственная "Программа развития морских портов России", предусматривающая одновременную модернизацию их инфраструктуры, которая включает различные сухопутные пути сообщения, в том числе автомобильные подъездные дороги. Кроме того, получили развитие автомобильные терминалы, один из которых построен на подъезде к новороссийскому морскому порту и в настоящее время представляет собой крупнейшую перевалочную базу тяжеловесных крупногабаритных грузов на территории Краснодарского края. Поэтому сюда устремились потоки большегрузных автомобилей из Турции и других причерноморских стран, круглосуточно движущихся по дорогам Кубани. Особенно

интенсивное движение таких АТС наблюдается на региональных автодорогах.

Однако данные автотранспортные средства, что вполне естественно, оказывают более сильное, чем АТС общего назначения, изнашивающее воздействие на дорожную одежду. В связи с чем одними из наиболее актуальных научных и практических проблем для специалистов края стали две разработки методического и программного обеспечения организации пропуска тяжеловесных и крупногабаритных грузов по сети автомобильных дорог, а также учет стоимости причиняемого ущерба дорожному хозяйству. Причем обе — в условиях ограниченного финансирования дорожно-ремонтных работ, и их пытаются решить с помощью созданной в ГУ КК "Краснодаравтодор" системы организации пропуска тяжеловесных и крупногабаритных транспортных средств, составной частью которой является постановление № 652 главы администрации Краснодарского края "Об утверждении ставок платы за провоз крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов по автомобильным дорогам, находящимся в государственной собственности Краснодарского края".

Этим постановлением, принятым в 2003 г., предусмотрено, как следует из его названия, взимание платы с владельцев или пользователей автомобильным транспортом, перевозящим крупногабаритные и тяжеловесные грузы. Его цель — компенсация ущерба, наносимого автомобильным дорогам, а предусмотренный им инструмент — стационарные пункты весового контроля.

При назначении ставок платы за проезд, естественно, учитывались требования федеральных нормативных документов по данному вопросу, а также состояние одежд каждой из дорог. Причем последнее оценивалось по их капитальности, определяемой по фактическим модулям упругости, которые получают в результате полевых испытаний и оценки прочности дорожных одежд. Кроме того, при расчете ставок платы учитывались также среднегодовые затраты на ремонт и содержание дорог. При этом следует подчеркнуть, что они не постоянные, а меняющиеся ежегодно — в соответствии с индексами-дефляторами Минэкономразвития РФ по отрасли "Строительство". Меняет их региональная энергетическая комиссия департамента цен и тарифов Краснодарского края.

Прошедшие с момента принятия постановления годы показали, что условия для предотвращения и частичной компенсации ущерба, наносимого региональным автомобильным дорогам при проезде по ним тяжеловесных и крупногабаритных автотранспортных средств, в основном созданы. Например, построены пункты весового контроля, которые действительно осуществляют контроль тяжеловесных и крупногабаритных транспортных средств, перемещающихся по дорогам края.

Все пункты располагаются в капитальных зданиях, оснащены современным инженерно-техническим оборудованием регулирования дорожным движением, связью, весоизмерительным оборудованием и обустроены необходимыми остановочными полосами и стоянками для работы с задерживаемым транспортом. Обслуживает их подрядная организация, которая побеждает на ежегодно проводимых конкурсных торгах и работает на контрактной основе. В итоге число обращений в ГУ КК "Краснодаравтодор" со стороны предприятий и организаций, а также отдельных предпринимателей за разрешениями на перевозку тяжеловесных крупногабаритных грузов резко возросло. Например, если за 2004 г. отдел согласований ГУ КК "Краснодаравтодор" рассмотрел 1312 таких обращений, выдал 402 разрешения на общую сумму 3 816 285 руб., то в 2009 г. рассмотрено уже 3247 заявления, выдано 803 разрешения, получено 7 209 539 руб. Другими словами, наблюдается положительная динамика.

Тем не менее многое еще предстоит сделать. В частности, из-за недостатка финансовых средств свыше 30 % дорожной сети, по которой проходят маршруты большегрузных автомобилей, находятся в критическом состоянии по прочности. Что, естественно, приводит к преждевременным деформациям и разрушениям дорожной одежды и снижению транспортно-эксплуатационных показателей дорожных покрытий. Поэтому здесь приходится ориентироваться на организационные меры, одна из которых — реализация разработанной в крае методики планирования и управления эксплуатацией дорог, учитывающей изменение во времени транспортно-эксплуатационного состояния дорожной сети.

Эта методика, позволяющая прогнозировать характер и степень разрушений сети дорог, намечает рациональные экономически обоснованные сроки осуществления дорожно-ремонтных работ, их объемы и потребные при этом материально-технические ресурсы и денежные ассигнования.

ВНИМАНИЕ!

Напоминаем: направлять статьи и вести переписку с редакцией
быстрее и удобнее с помощью электронной почты.
Наш адрес: avtoprom@mashin.ru; avtoprom@aport.ru

В редакцию обратился В.И. Перманов, читатель из Вологды. Он пишет: "Я внимательно следил за ходом дискуссии по поводу КПД автомобиля. И согласен с тем, что в основе всех расчетов, в том числе "Транспортное предприятие — потребитель услуг", должны лежать не надуманные, а основанные на законах физики соображения. В связи с этим хотелось бы получить, причем в "концентрированном", так сказать, виде математический инструмент для таких расчетов".

Редакция выполняет эту просьбу.

УДК 629.113/.115.003.12

Оценочные показатели функционирования автомобиля

Канд. техн. наук П.П. ЕВСЕЕВ

Таких показателей, как известно, несколько. Вот они.

1. Продукт перевозки. Под ним следует понимать полезный груз, характеризуемый его силой тяжести и исчисляемый по формуле № 1 (см. таблицу).

2. Перевозочная работа. Под ней нужно понимать работу $A_г$, совершенную автомобилем при перемещении полезного груза массой $m_г$, подсчитывается она по формуле № 2. В результате действия этой работы осуществляется грузооборот (обращение груза), т. е. процесс его перемещения по дороге из точки А в точку Б.

3. Продуктивность перевозки. Если под ней понимать производительность, что, в общем-то, и делается, то ее необходимо оценивать полезной мощностью $N_г$ — работой, выполненной в единицу времени (формула № 3).

4. Энергозатраты. Это количество энергии $A_з$, затраченной на перемещение автомобиля (формула № 4).

5. Удельные топливозатраты. Они представляют собой количество $Q_{A_г}$ топлива, израсходованное на выполнение единицы полезной работы (формула № 5).

№ формулы	Формула	Примечания
1	$P_г = m_г g$, кН	$m_г$ — масса груза, т; g — ускорение свободного падения, м/с^2
2	$A_г = \frac{1}{3,6} m_г g \psi_д S = q\rho Q_т \eta_{атс}$, кВт · ч	q — теплотворная способность топлива, (кВт · ч)/кг; ρ — его плотность, кг/л; $\eta_{атс}$ — КПД автомобиля как транспортного средства; S — путь, км; $\psi_д$ — коэффициент сопротивления дороги
3	$N_г = \frac{A_г}{T} = F_г v_{ср} = m_г g \psi_д v_{ср}$, кВт	T — время движения автомобиля, ч; $F_г$ — сила, затраченная на перемещение полезного груза, кН; $v_{ср}$ — средняя скорость движения автомобиля, м/с
4	$A_з = q\rho Q_т$, кВт · ч	$Q_т$ — количество израсходованного топлива, л
5	$Q_{A_г} = \frac{Q_т}{A_г}$, л/(кВт · ч)	—
6	$\eta_{атс} = \frac{A_г}{A_з} = \frac{\frac{1}{3,6} m_г g \psi_д S}{q\rho Q}$	—
7	$K_з = \frac{A_з}{A_г} = \frac{1}{\eta_{атс}}$	—
8	$T = S/v_{ср}$	$v_{ср}$ — средняя скорость проезда по маршруту, км/ч
9	$Ц_{тф} = \frac{4 Ц_т Q(1 + H_р)}{q\rho Q \eta_{атс}} = \frac{4 Ц_т (1 + H_р)}{q\rho \eta_{атс}}$, руб./(кВт · ч)	$Ц_т$ — цена 1 л топлива, руб.; $H_р = 0,2$ — норма рентабельности
10	$Ц_{ту} = Ц_т A_г$, руб.	—
11	$A_{тр} = m_г S$, т · км	—
12	$\psi_д = \frac{3,6 A_г}{m_г g S}$	3,6 — коэффициент уравнивания 1 кН · км и 1 кВт · ч, 1 кН · км = = 1/3,6 1 кВт · ч

6. Коэффициент полезного действия автомобиля. Он — важнейший итоговый, причем комплексный, показатель функционирования автомобиля. Его никак нельзя исключать из рассмотрения: именно этот коэффициент в полной мере характеризует энергоресурсную эффективность. Для его определения предназначена формула № 6.

7. Коэффициент энергозатрат. Этот показатель весьма наглядный и убедительный. Он показывает, во сколько раз затраченная работа $A_з$ превышает работу полезную (формула № 7).

8. Трудозатраты. Под этим показателем следует понимать время T, в течение которого водитель, управляя автомобилем, обеспечивает совершение автомобилем полезной работы $A_г$. Рассчитывается он по формуле № 8.

Перечисленные выше показатели дают возможность определить тариф и цену автотранспортных услуг. На величину этих экономических показателей оказывают влияние многие факторы, и особенно — цена $Ц_т$ топлива. Она, как принято считать, обычно составляет четвертую часть всех затрат. При таком подходе величину тарифа $Ц_{тф}$ автотранспортных услуг можно определять по формуле № 9.

Зная величины $Ц_{тф}$ и $A_г$, можно вычислить и цену $Ц_{ту}$ автотранспортных услуг (формула № 10).

Рассмотрим пример.

Допустим, что автотранспортные услуги выполнил грузовой автомобиль. Если принять $Ц_т$ = 25 руб.; $H_р$ = 0,2; q = 12,22 кВт · ч/кг; ρ = 0,74 кг/л; $\eta_{атс}$ = 0,14, то в соответствии с формулой № 9 можно получить:

$$Ц_{тф} = \frac{4 \cdot 25(1 + 0{,}2)}{12{,}22 \cdot 0{,}74 \cdot 0{,}14} = 94 \text{ руб./(кВт} \cdot \text{ч)}.$$

Примем теперь, что зафиксированный бортовым расходомером расход $Q_т$ топлива составил 34 л. Тогда в соответствии с формулой № 2 будем иметь: $A_г$ = = 12,22 · 0,74 · 34 · 0,14 = 43 кВт · ч.

Следовательно, цена автотранспортных услуг (плата за автотранспортные услуги в денежном выражении) будет составлять, согласно формуле № 10, 4042 руб. ($Ц_{ту}$ = 94 · 43 = 4042 руб.)

Как видим, из этой суммы, на покрытие затрат на топливо будет приходиться:

$$Ц_1 = 0{,}25Ц_{ту} = 1010{,}5 \text{ руб.}$$

Остальная часть, $Ц_2$, равная 3031,5 руб., должна пойти на заработную плату водителя, а также на покрытие различного рода других затрат и отчислений.

При формировании формулы для расчета тарифа автотранспортных услуг автор исходил из того, что 1/4 (25 %) всех затрат приходится на топливо (см. кн. В.Н. Иванов, В.И. Ерохов. Экономия топлива на транспорте. М.: Транспорт, 1984).

Некоторые сомневаются в правомерности такого подхода, мотивируя тем, что в настоящее время затраты на топливо составляют не 25 % всех затрат, а 50 % и более. Но ведь автор полагает, что от этого суть дела не меняется. Формула для расчета остается той же.

В чем состоит положительная сторона рассмотренных показателей метода? В том, что расход топлива можно измерять. Имеется и возможность измерять и работу $A_г$. Кроме того, цена топлива всегда известна: она диктуется рынком.

Уместно подчеркнуть также, что $Ц_{ту}$, при прочих равных условиях, будет тем меньше, чем больше величина совокупного показателя $\eta_{атс}$. Следовательно, в интересах потребителей автотранспортных услуг автомобили должны непрерывно совершенствоваться в направлении повышения $\eta_{атс}$. Улучшаться должно и качество топлива, характеризуемого величинами q и ρ. Но при этом должно иметь место и то, чтобы у владельца автомобиля был соответствующий стимул экономить топливные ресурсы за счет более умелого управления им. Для этого водителю необходимо оказывать техническую помощь путем оснащения АТС соответствующей бортовой контрольно-измерительной аппаратурой (компьютером).

Уместно сказать и о том, что на сегодня складывается такое впечатление, что вопросом перемещения автомобиля в целом занимались специалисты именно по автомобилям, которые пользовались положениями и терминами, принятыми в теплотехнике и механике. Вопросом же перевозки (процесса перемещения полезного груза, размещенного на автомобиле) самостоятельно занимались специалисты по автотранспорту. Они придумали такие оценочные показатели, как "грузооборот" (т · км); "транспортная работа" (т · км); "производительность" (т · км/ч). И с их помощью оценивали и поныне пытаются оценивать перевозочный процесс, осуществляемый автомобилем. В результате произошел некий разрыв между теорией автомобиля и теорией транспортного (перевозочного) процесса.

В самом деле, в теории автомобиля, в соответствии со структурной его схемой, принято считать, что к его входу подается энергия $A_{вх}$, подсчитываемая по формуле № 4. При этом на выходе должна быть часть энергии в виде работы, затраченной на перемещение полезного груза (формула № 2). В теории же транспортного процесса при той же величине входной энергии должна, якобы, быть транспортная работа $A_{тр}$, исчисляемая по формуле № 11.

При таких подходах налицо энергетический дисбаланс, поскольку $A_{тр} \neq A_г$, причем величина $A_{тр}$ значительно превосходит величину $A_г$ ($A_{тр} \gg A_г$).

В подтверждение сказанного рассмотрим пример.

Для полностью загруженного автомобиля ЗИЛ-431410 и при его оптимальном, с точки зрения энергетики, режиме движения можно принять: $\eta_{атс}$ = 0,14; q = = 12,22 кВт · ч/кг; ρ = 0,74 кг/л; $m_г$ = 6,131 т. Допустим, далее, что этот автомобиль совершил движение по вполне определенному маршруту. При этом с помощью бортовой аппаратуры были зафиксированы такие данные: $Q_т$ = 34 л; S = 90 км; q = 1,25 ч.

В соответствии с уравнением энергетического баланса будем иметь $A_г$ = 12,22 · 0,74 · 34 · 0,14 = 43 кВт · ч. По этому значению $A_г$ можно определить и величину $\psi_д$ (формула № 12): он равен 0,028.

Достоверность полученных результатов проверяем по формуле № 12. В результате: $A_г = \frac{1}{3,6} \cdot 6,131 \cdot 9,81 \times$ $\times\ 0,028 \cdot 90 = 43$ кВт · ч.

Но транспортная работа, определяемая, как обычно, равна 557 т · км ($A_г = m_г S = 6,131 \cdot 90 = 552$ т · км). Следовательно, $A_{тр} \neq A_г$. Более того, величина $A_{тр}$ почти в 13 раз превышает фактическую полезную работу $A_г$.

В этом и заключается парадокс, для ликвидации которого необходимо, прежде всего, иметь дело не с массой полезного груза, а с его весом. Ведь тяжесть груза характеризует не масса, а вес (сила тяжести). Кроме того, в принципе нельзя исключать из оборота параметр $\psi_д$. Только тогда всегда (при любых других режимах движения автомобиля) будет существовать равенство: $A_{тр} = A_г$. (В нашем примере: $A_{тр} = A_г =$ $= \frac{1}{3,6} \cdot 552 \cdot 9,81 \cdot 0,028 = 43$ кВт · ч.)

Вывод очевиден: и автомобилестроителям, и автотранспортникам автомобиль следует рассматривать с единых позиций. И разговор об эффективности его функционирования необходимо начинать с этапа его создания. Поэтому вопрос о том, как использовать (эксплуатировать) автомобиль, должен решать не эксплуатационник (пользователь), а создатель автомобиля в соответствии со стандартом, разработанным именно создателем автомобиля. И все это следует делать с современных позиций.

Но важным является и то, что при рассмотрении автомобиля с любых точек зрения необходимо всегда помнить о существовании незыблемых трех законов механики, сформулированных в свое время и Ньютоном. Именно так поступать особо важно, когда речь идет об энергетике, ибо энергетика — это и экономика, и экология, и социология. Ведь не зря же в настоящее время в среде ученых бытует такое мнение: "Если XX век был веком информатики, то XXI будет веком энергетики. Доказано, что великой нацией делает нас не наше богатство, а то, насколько рационально (рачительно) мы его создаем". Поэтому всюду любую энергию надо сберегать. В этой связи, как нельзя кстати, могут оказаться весьма полезными любые разработки, способствующие повышению энергетической эффективности автомобиля. Следовательно, ни в коем случае нельзя допускать, чтобы транспортная (перевозочная) его работа оценивалась "тонно-километром" — в том понимании, которое бытует и поныне. Законы природы нарушать недопустимо.

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

УДК 621.9

Схемы холодного профильного накатывания зубьев и их эффективность

А.С. БУЯНОВ, кандидаты техн. наук В.М. ВИНОГРАДОВ и А.А. ЧЕРЕПАХИН

МГТУ "МАМИ" (8.495. 223-05-23)

Рассмотрены схемы холодного профильного накатывания одним, двумя и тремя гладкими роликами и поперечным или продольным движением подачи.

Ключевые слова: *зубчатое колесо, холодное профильное накатывание, профильный ролик, пластическая деформация, продольная подача, радиальная подача.*

Byanov A.S., Vinogradov V.M., Cherepakhin A.A.

CIRCUITS OF THE COLD CROSS-SECTIONAL ROLLING OF TEETHS AND THEIR EFFICIENCY

Circuits of a cold cross-sectional rolling by one, two both three smooth rollers and cross-section or direct movement of feeding are considered.

Keywords: *tooth gear, a cold cross-sectional rolling, a cross-sectional roller, a plastic deformation, stride, radial feeding.*

В настоящее время повышение эффективности производства машин невозможно без развития современных методов чистовой обработки изделий. В области зубонарезания таким методом является профильное накатывание зубьев, так как оно обладает существенными преимуществами перед шевингованием: оно в несколько раз более производительно, обеспечивает бóльшую износостойкостью и прочность зубьев, увеличивает коэффициент использования материала.

Для обработки мелкомодульных зубчатых венцов применяется профильное накатывание двумя профильными роликами (рис. 1). При нем две симметрично расположенные накатные головки *2* оснащены свободно вращающимися роликами *1*. Сочетание планетарного вращения (движения D_1) роликов и вращения заготовки *3* (движение D_2) обеспечивает кратковременный контакт роликов с заготовкой. Соотношение движений D_1 и D_2 подбирается так, чтобы каждый новый контакт инструмента с деталью происходил в новой впадине между зубьями. Продольная же подача $D_{S\text{прод.}}$ заготовки гарантирует равномерное распространение процесса холодного пластического формообразования по всей длине заготовки.

При каждом проходе роликов происходит частичная пластическая деформация, которая представляет собой продольный участок впадины между зубьями, соответствующий величине подачи. Благодаря этому деталь подвергается пластической деформации только в краевой зоне, в то время как ее сердцевина остается неизменной.

Таким образом, формирование профиля зубчатого венца осуществляется при многократном силовом воздействии пары роликов на предварительно обточенную заготовку.

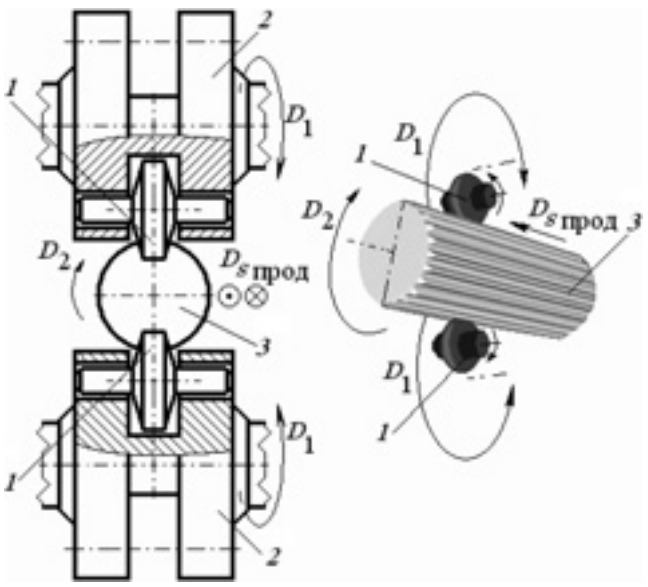


Рис. 1. Схема накатывания мелкомодульных зубчатых венцов двумя профильными роликами:

1 — ролик; *2* — накатная головка; *3* — заготовка

При черновой обработке автомобильных трансмиссионных колес (модуль 2,5—5 мм) формирование впадины между зубьями требует перемещения (удаления) большого объема металла. Но при профильном черновом накатывании холодное пластическое деформирование большого объема металла впадины требует и значительных сил деформирования, а горячее пластическое деформирование не обеспечивает требуемой точности зубчатого венца. Поэтому холодное профильное накатывание таких венцов используется в качестве чистовой обработки венцов, предварительно полученных фрезерованием или долблением.

В промышленности применяются три основные схемы холодного профильного накатывания: одним накатником с поперечным движением подачи по методу "Монорол" (рис. 2, *а*), двумя накатниками с поперечным движением подачи по методу Форда (рис. 2, *б*) и тремя накатниками с продольным движением подачи (рис. 2, *в*). При накатывании одним или двумя накатниками инструменту сообщают два движения: главное вращательное и движение подачи — поперечное поступательное. В результате сложения этих движений траектория следа зуба накатника на заготовке представляет собой спираль (рис. 3).

Радиус R_φ следа зуба накатника на заготовке в этом случае дает следующая формула:

$$R_\varphi = r_з - \frac{S_{о.поп}\varphi}{2\pi},$$

где R_φ — переменный радиус точки контакта; $r_з$ — радиус заготовки; $S_{о.поп}$ — скорость поперечного движения подачи (подача на оборот); φ — угол, определяющий положение точки контакта.

Так как траектория следа накатника не окружность, а спираль (переменный начальный радиус), то формирование бокового профиля будет отличаться от теоретического эвольвентного. Это отклонение выражается в "завале" зуба колеса в сторону, противоположную направлению вращения заготовки. Величина такого "завала" определяется углом θ (между осями симметрии зуба колеса в теоретическом и реальном положении между нормалями к спирали и окружности заготовки), который можно определить по формуле $\theta = \mathrm{arctg}\dfrac{S_{о.поп}}{2\pi r_з - S_{о.поп}\varphi}$.

Величина "завала" зависит от скорости движения поперечной подачи, и наибольшее значения этого угла (θ_{max}) в конце рабочей подачи (момент формирования впадины зубчатого венца) можно подсчитать по формуле $\theta_{max} = \mathrm{arctg}\dfrac{S_{о.поп}}{\pi D_к}$.

Профильное накатывание с поперечным движением подачи характеризуется значительными радиальными усилиями обработки, что сопровождается увеличенными деформациями в технологической системе СПИД и проскальзыванием между зубьями накатника и обрабатываемого колеса. Это проскальзывание имеет различные направления на правой и левой стороне зуба: на одной материал течет к начальной окружности, на второй — от нее. Поэтому в районе начальной окружности на одной стороне возникает скопление материала, а на другой — выемка (рис. 4).

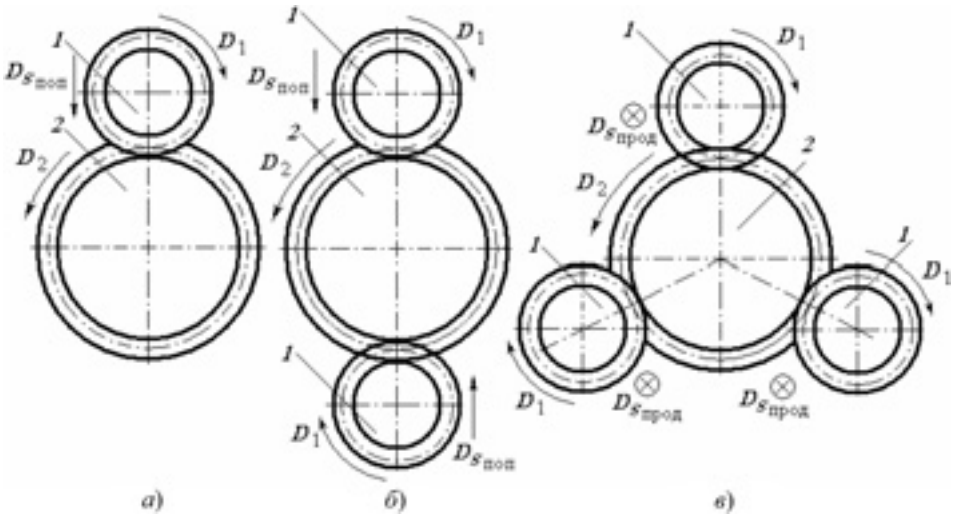


Рис. 2. Схемы холодного профильного накатывания среднемодульных зубчатых колес с помощью одного (а), двух (б) и трех (в) накатников:

1 — накатник; *2* — заготовка; D_1, D_2 — вращательные движения накатника и заготовки; $D_{Sпоп}$, $D_{Sпрод}$ — поперечное и продольное движения (подача) накатника

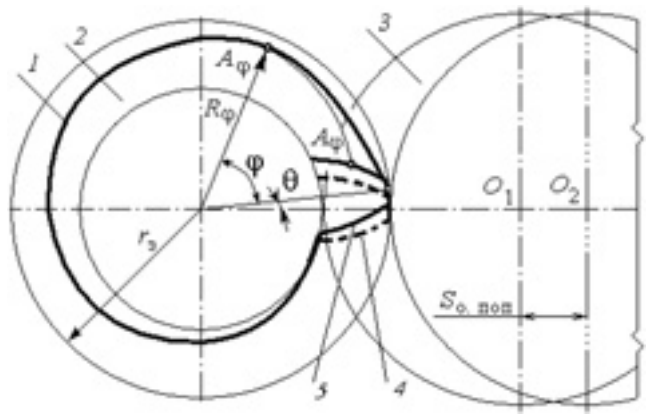


Рис. 3. Траектория следа зуба накатника:

1 — траектория следа зуба накатника на заготовке; *2* — заготовка; *3* — накатник; *4* — теоретический профиль; *5* — профиль реальный; φ — угол, определяющий положение точки контакта; A_φ — точка контакта; θ — угол "завала" зуба

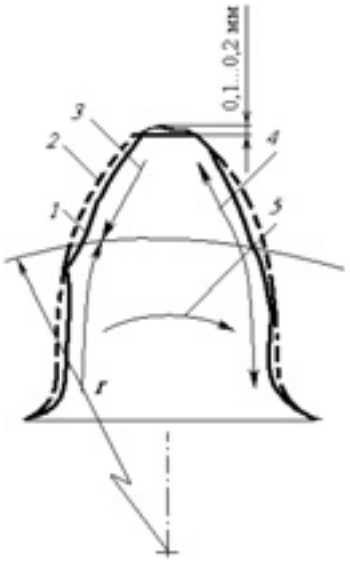


Рис. 4. Характер течения металла зуба из-за пластического деформирования при накатывании:

1 — профиль накатанного зуба; *2* — профиль фрезерованного зуба; *3*, *4* — направления течения металла на приводной и неприводной сторонах зуба; *5* — направление вращения заготовки; *r* — радиус начальной окружности

Такое явление особенно сильно заметно при прямозубом зацеплении колес, меньше — при косозубом.

Величина изменения формы зуба заготовки под действием пластического деформирования поверхностного слоя металла определяется, в основном, припуском под обработку. Причем наилучшие результаты получаются при припуске от 0,02 до 0,04 мм с каждой стороны зуба заготовки. При завышении же припусков металл, как правило, накапливается в районе ножки зуба, что может привести к поломке накатника.

При профильном накатывании с продольным движением подачи ($D_{S\text{прод}}$) наличие на накатниках заборного конуса предопределяет появление и радиального ее движения, скорость $S_{\text{пп}}$ которого следующим образом зависит от величины угла заборного конуса: $S_{\text{пп}} = S_{\text{прод}}\text{tg}\beta$ ($S_{\text{пп}}$ — скорость движения поперечной подачи; $S_{\text{прод}}$ — скорость движения продольной подачи; β — угол заборного конуса накатника). Угол β обычно лежит в пределах 5—15°. Поэтому величина скорости поперечной подачи равна: $S_{\text{пп}} = (0{,}09 - 0{,}2)S_{\text{прод}}$.

Следовательно, при накатывании с продольным движением подачи величина поперечной подачи (значит, и "завал" зуба) будет значительно меньше, чем при накатывании с поперечным движением подачи.

Для накатывания тремя накатниками типично обжатие детали, что дает возможность работать с большими скоростью деформаций и применяемыми силами, а следовательно, с меньшим временем на обработку. За счет установки накатников по вершинам равностороннего треугольника в процессе обработки создается центрирующий эффект, что хорошо разгружает технологическую систему СПИД.

Таким образом, при холодном профильном накатывании одним или двумя накатниками при продольном движении подачи достигается бóльшая точность обработки, чем при накатывании с поперечным движением подачи, а накатывание тремя накатниками гарантирует увеличенную производительность обработки по сравнению с накатыванием одним или двумя накатниками.

УДК 621.922.02

Об износе абразивных материалов при микрорезании плазменного покрытия на никелевой основе

Канд. техн. наук Н.С. АЛЕКСЕЕВ, С.В. ИВАНОВ, Е.А. БОЙКО, В.А. КАПОРИН, Д.С. КРИВЕЖЕНКО, И.Ю. РЕЗАНОВ

Рубцовский индустриальный институт (филиал) Алтайского ГТУ имени И.И. Ползунова (38557. 5-98-41), Новосибирский ГТУ (383. 346-06-12)

Приведены результаты испытаний на износостойкость единичных абразивных зерен из электрокорундов и карбидов кремния при микрорезании плазменного покрытия и закаленной стали 45.

Ключевые слова: *плазменные покрытия, закаленная сталь, абразивные материалы, микрорезание, износостойкость, микрорельеф, риска.*

Alekseev N.S., Ivanov S.V., Boiko E.A., Kaporin V.A., Krivegenko D.S., Rezanov I.Yu.

ABOUT WEAR-OUT OF ABRASIVE MATERIALS DURING CUTTING NICEL-BASED PLASMA COATING

The testing results of wear-proof some abrasive grains from electric corundum and silicon carbides during microcutting of plasma coating and 45 are published.

Keywords: *plasma coating, hardened steel, abrasive materials, microcutting, wear-proof quality, vicrorelief, notch.*

Нанесение износостойких микропористых покрытий относится к числу высокоэффективных технологий восстановления и упрочнения изношенных деталей машин. В автомобилестроении ее наиболее широко применяют для наращивания изношенных шеек коленчатых и распределительных валов автотракторных двигателей.

После такого наращивания шейки, естественно, требуют размерной обработки, что, как правило, осуществляется методом шлифования с помощью серийных шлифовальных кругов, в которых абразивные зерна изготовлены преимущественно из электрокорундов — белого, нормального и хромотитанистого. То есть используются те же самые шлифовальные материалы, что и при обработке сталей и чугунов.

Однако износостойкое покрытие — материал более твердый, чем сталь или чугун. Поэтому при их обработке шлифовальные круги интенсивно засаливаются и изнашиваются. Например, доказано [1], что удельная производительность и стойкость

абразивного инструмента в данном случае в несколько раз ниже, чем при шлифовании железоуглеродистых сплавов. Это отрицательно сказывается на качестве обработки и ее производительности. Следовательно, нужны новые абразивные материалы. И они есть.

Отечественная абразивная промышленность выпускает, например, карбиды кремния. Однако исследований по оценке их износостойкости при шлифовании покрытий не проводилось. В связи с чем авторы статьи провели такие исследования — с тем, чтобы выбрать наиболее износостойкие из имеющихся абразивных материалов для шлифовальных кругов.

Методика исследования в этом случае применялась традиционная. Единичное абразивное зерно с помощью медной амальгамы заделывали в специальную металлическую державку. Затем державку крепили на стальном диске, установленном вместо шлифовального круга на планшайбе круглошлифовального полуавтомата высокой точности (3М152МВФ2 с ЧПУ). Зерно подводили до касания с образцом из обрабатываемого материала и задавали требуемую глубину резания. На неподвижный образец наносили риски до износа зерна на величину, равную заданной глубине резания, вследствие чего обработка прекращалась.

Микрорезание выполняли со скоростью 35 м/с, продольной подаче стола 425 мм/мин и глубине резания 10 мкм. Для исследований применяли серийные абразивные зерна зернистостью № 40 по ГОСТ 3647—80.

То есть испытание единичных зерен на износ проводили в условиях, приближенных к реальным условиям шлифования. Это позволило достаточно надежно выделить физико-химические процессы в контакте абразив—покрытие.

Образцы из обрабатываемых материалов представляли собой валы диаметром 75 мм и длиной рабочей части 300 мм. До начала проведения экспериментов их устанавливали в центрах станка и подвергали шлифованию до Ra ⩽ 0,2 мкм. При этом отклонения от круглости и цилиндричности поверхности вала не превышали 0,002 мм. Исследования выполняли без смазочно-охлаждающей жидкости, так как при этом особенно четко выявляются свойства материалов, связанные с их сопротивлением износу.

В ходе исследований были проведены сравнительные испытания износостойкости широко распространенных абразивных материалов — электрокорундов нормального (13А), белого (24А), хромотитанистого (95А) и карбидов кремния — зеленого (64С) и черного (54С). То есть выбранные для исследований абразивы представляли собой материалы двух типов — оксиды (Al_2O_3) и карбиды (SiC).

Далее. Вследствие некоторой разницы геометрии единичных зерен и физико-механических свойств обрабатываемых материалов наблюдался, как и следовало ожидать, разброс опытных данных. Поэтому авторы в расчетах принимали среднеарифметическое значение двукратного испытания не менее десяти зерен каждой исследуемой пробы. Что вполне логично. Как показала практика исследований износостойкости, такое число зерен вполне достаточно, поскольку его увеличение не изменяет существенным образом значение статистического среднего.

Например, при сравнении результатов испытаний 10 и 25 зерен хромотитанистого электрокорунда изменение статистического среднего значения износостойкости составляет не более 9 %, что для такого рода испытаний вполне допустимо.

В качестве обрабатываемого материала использовалось покрытие из порошка интерметаллида марки ПВ-Н85Ю15 на никелевой основе, нанесенное плазменным способом. Этот вид покрытий получил наиболее широкое распространение в последние годы как для восстановления изношенных деталей, так и для их упрочнения [1].

В результате микрорентгеноспектрального анализа установлено, что плазменное покрытие из этого порошка имело следующий химический состав: Ni — 55,69, Al — 15,34, O — 15,98 и C — 12,98 масс. %, а твердость покрытия составляла 653HV. Что вполне объяснимо. Металлографический и рентгеноструктурный анализ показал, что структура полученного покрытия состоит из легированного твердого раствора и сложной эвтектики на никелевой основе с различными включениями в виде оксидов и интерметаллидов типа NiAl.

Микрорезанию подвергали также валы из закаленной стали 45 твердостью 39—42 HRC тех же геометрических размеров.

За количественный показатель износостойкости различных абразивных зерен была принята суммарная длина $L_з$ рисок, нанесенных на образце до износа зерна на глубину микрорезания (10 мкм), т. е. до прекращения обработки. Износостойкость зерен в каждом опыте оценивалась по формуле: $L_з = l_{ср}N = (l_0/2)N$, в которой $L_з$ — износостойкость; l_0 — длина начальной риски, м; N — число нанесенных рисок до прекращения микрорезания.

При этом, исследуя кинетику износа абразивов, о величине износа U острия зерна судили по уменьшению глубины наносимых рисок в зависимости от пройденного в металле пути L: $U = h_0 - h_i = f(L)$, где U — износ абразивного острия; h_0 — начальная глубина первой риски; h_i — глубина i-й риски (i = 100, 200, 300 и т. д.).

Для качественной оценки явлений, сопровождающих износ, исследовались состояния рабочих поверхностей зерен в исходном состоянии, после нанесения определенного числа рисок и окончания опыта. Для изучения микрорельефа поверхностей абразива и металла до и после микрорезания применяли растровый электронный микроскоп (РЭМ) модели Carl Zeiss EVO50.

Изменения химического состава в контактных поверхностях абразивов и обрабатываемых металлов определяли методом микрорентгеноспектрального анализа (МРСА) с помощью приставки JNCA x − act к растровому электронному микроскопу.

Результаты исследования приведены на рис. 1. Они говорят о том, что исследованные абразивные материалы по износостойкости $L_з$ можно разделить на две группы — более износостойкие (карбиды), и менее износостойкие (корунды). Из чего можно сделать вывод: при микрорезании покрытия износостойкость абразивных материалов с увеличением их прочности (твердости) растет.

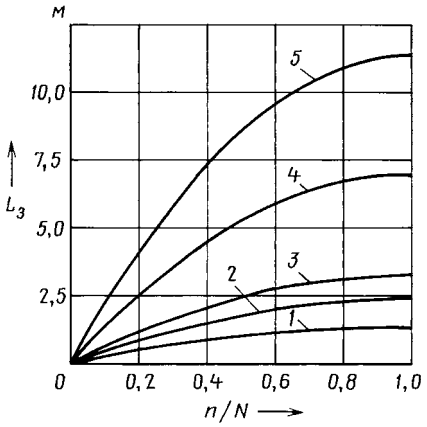


Рис. 1. Распределение частных значений износостойкости зерен различных абразивных материалов при микрорезании плазменного покрытия:

1 — электрокорунд нормальный (13А); *2* — электрокорунд белый (24А); *3* — электрокорунд хромотитанистый (95А); *4* — карбид кремния зеленый (64С); *5* — карбид кремния черный (54С)

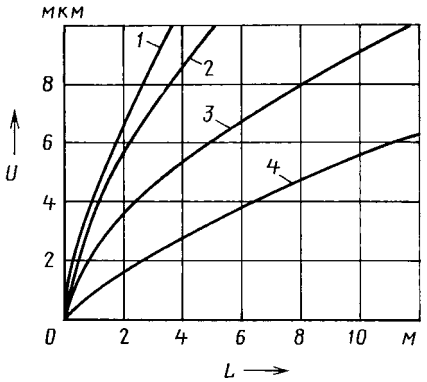


Рис. 2. Зависимость износа абразивного острия от длины пути резания:

1 — электрокорунд хромотитанистый по покрытию; *2* — карбид кремния черный по стали; *3* — карбид кремния черный по покрытию; *4* — электрокорунд хромотитанистый по стали

И второе. С повышением хрупкости абразивов их износостойкость уменьшается. Причем это характерно для каждой из групп. Например, в группе карбидов наибольшей износостойкостью обладает наименее хрупкий из них — карбид кремния черный (54С). Однако при совместном анализе данных по карбидам и корундам такая связь нарушается: корунды значительно менее хрупки, чем карбиды, в то же время наименее хрупкий из них, электрокорунд белый (24А), по износостойкости в 5 раз хуже карбида кремния черного. В этом случае, очевидно, на износ абразива более сильное влияние оказывают процессы физико-химического взаимодействия с покрытием.

Представляло интерес изучить и износ абразивного острия в зависимости от продолжительности его работы, выраженной длиной пройденного в металле пути (кинетика износа). Результаты этих исследований — на рис. 2.

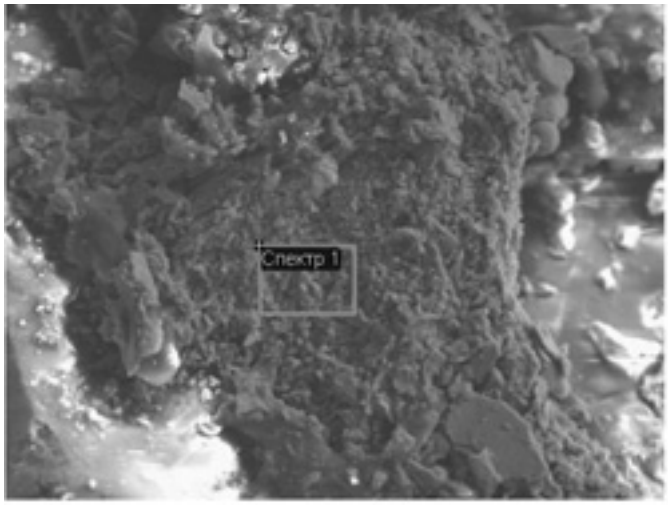
Математическая обработка экспериментальных данных показала, что величина износа U в зависимости от пути резания описывается степенной зависимостью: $U = aL^b$. Она в числовом выражении для некоторых сочетаний пар абразив—металл приведена в таблице.

Полученные данные показывают, что при микрорезании интенсивность износа корунда по покрытию намного выше, чем карбида, а по стали, наоборот, ниже, чем карбида.

Об интенсивности адгезионных процессов авторы судили по состоянию рабочих поверхностей абразивного острия и царапин на заготовках. И установили, что при контакте с покрытием после нанесения первых же рисок участки рабочей поверхности единичного зерна из корунда покрываются частицами налипшего металла. Один из таких участков показан на рис. 3, *а*.

Другие снимки показали, что размеры этих участков со временем увеличиваются, вследствие чего металлические поверхности (налипший металл) и металл образца вступают в контакт. Что, как доказал автор работы [2], способствует значительному повышению силы микрорезания и, соответственно, интенсивности износа абразива (см. рис. 2, кривая *1*).

Микрорентгеноспектральный анализ поверхностного слоя этого учас-



а)

Элемент	Весовой %	Атомный%
O	55.60	68.26
Al	42.65	31.05
Ti	0.75	0.31
Cr	1.01	0.38
Итого	100.00	

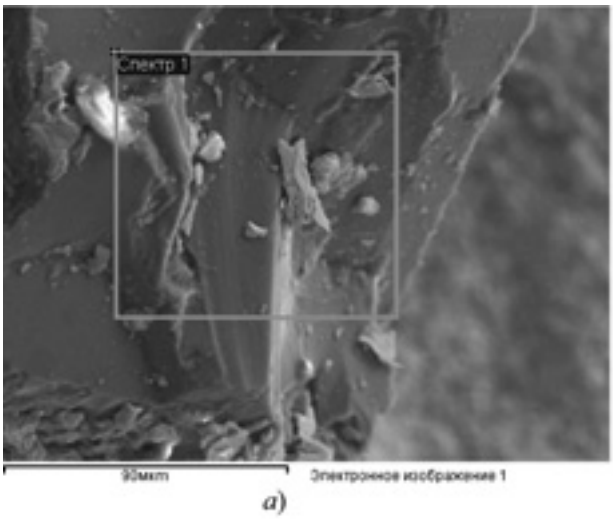
б)

Элемент	Весовой %	Атомный%
O	4.95	15.03
Al	4.16	4.49
Ti	3.81	6.59
Cr	16.70	15.61
Ni	70.38	58.28
Итого	100.00	

в)

Рис. 3. Участок микрорельефа абразивного острия из электрокорунда хромотитанистого после микрорезания покрытия (а), результаты обработки спектра в исходном состоянии (б) и после микрорезания покрытия (в)

Абразивный материал	Обрабатываемый материал	Эмпирические зависимости износа от длины пути резания
Электрокорунд хромотитанистый (95А) Карбид кремния черный (54С)	Плазменное покрытие	$U = 4{,}32L^{0{,}64}$ $U = 2{,}45L^{0{,}57}$
Электрокорунд хромотитанистый (95А) Карбид кремния черный (54С)	Сталь 45, закаленная	$U = 0{,}99L^{0{,}75}$ $U = 3{,}79L^{0{,}61}$



Элемент	Весовой %	Атомный%
C	39.56	60.48
Si	60.44	39.52
Итого	100.00	

б)

Элемент	Весовой %	Атомный%
C	45.71	64.33
O	12.34	11.83
Si	37.48	22.56
Ni	4.47	1.29
Итого	100.00	

в)

Рис. 4. Участок микрорельефа абразивного острия карбида кремния черного после микрорезания покрытия (а), результаты обработки спектра в исходном состоянии (б) и после микрорезания покрытия (в)

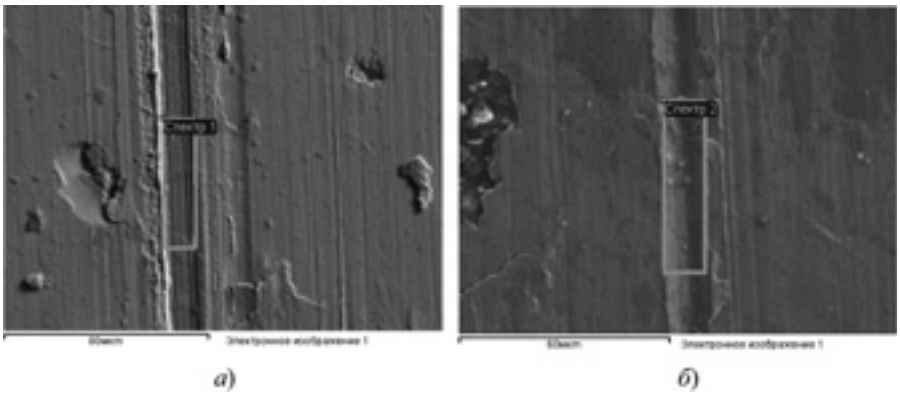


Рис. 5. Состояние поверхности риски после микрорезания покрытия острием из корунда (а) и карбида (б)

тка позволил установить, что содержание никеля, перенесенного в результате адгезии, превышает 70 % (рис. 3, *в*). Кроме того, наблюдается резкое изменение, по сравнению с исходным состоянием зерна, содержания кислорода, алюминия, титана и хрома (рис. 3, *б*). Что подтверждает активное химическое взаимодействие корунда с покрытием.

Совершенно иная картина при микрорезании покрытия наблюдается на отдельных участках рабочего микрорельефа абразивного острия из карбида (рис. 4).

Так, РЭМ-изображение рабочего микрорельефа абразивного острия из карбида после микрорезания покрытия показывает (см. рис. 4, *а*), что на рабочую поверхность металл практически не налипает и интенсивность износа карбида значительно меньше, чем корунда (см. рис. 2, кривая *4*).

Например, выявленные с помощью МРСА изменения химического состава рабочей поверхности карбида на этом участке показали наличие небольшого количества перенесенного с покрытия никеля — всего лишь 4,47 % (см. рис. 4, *в*). При этом резкого изменения содержания углерода и кремния, по сравнению с исходным, не наблюдалось.

Полученные данные свидетельствуют о существенной инертности карбида по отношению к покрытию, что и дает меньшую интенсивность износа этого абразивного материала при микрорезании покрытия (см. рис. 2, кривая *3*).

Анализ состояния поверхности рисок после микрорезания зернами из корунда и карбида также выявил существенные различия в характере их образования. Например, при микрорезании покрытия единичным зерном из корунда риска получается с резко выраженными навалами по ее краям, а на поверхности единичной царапины видны мелкие риски, которые появились в результате субмикрорезания металла микровыступами, образующимися на рабочей поверхности корундового острия в процессе его износа (рис. 5, *а*). При использовании же режущего острия из карбида риска образуется с более гладкими и ровными краями, что характерно для резания металла без адгезии (рис. 5, *б*).

Таким образом, сопоставление двух видов абразивных материалов при микрорезании покрытия свидетельствует о различном характере их взаимодействия в зависимости от природы контактируемых пар, что следует считать основополагающим при выборе абразивных материалов для его шлифования.

Из всего сказанного можно сделать следующие выводы.

1. Абразивные материалы из белого, нормального и хромотитанистого электрокорундов рекомендовать для шлифования плазменных покрытий на никелевой основе нельзя. Поскольку они обладают низкой износостойкостью и высокой адгезионной активностью по отношению к указанным покрытиям.

2. Для шлифования таких покрытий больше подходят абразивные материалы из карбидов кремния — зеленого и черного: именно они показали более высокую износостойкость и низкую адгезионную активность по отношению к указанным покрытиям.

Литература

1. Алексеев Н.С., Ольховацкий А.К. Засаливание и износ кругов при шлифовании микропористых покрытий // Технология металлов. 2000. № 10. С. 28—30.
2. Лоладзе Т.Н., Бокучаева Г.В. Износ алмазов и алмазных кругов. М.: Машиностроение. — 1967. — 113 с.

УДК 621.43.03

Использование эффекта Л.А. Юткина в электрогидравлических устройствах

Доктора техн. наук Ю.В. МАКСИМОВ и В.К. СОКОВИКОВ,
канд. техн. наук А.А. БЕКАЕВ, П.И. СТРОКОВ, А.Ю. КОВАЛЬЧУК

МГТУ "МАМИ" (8.495. 223-05-23)

На основании электрогидравлического эффекта (ЭГЭ), более известного как "эффект Юткина", разработана конструкция электрогидравлического отбойного молотка, по сути ЭГЭ-перфоратора, имеющего высокую надежность и КПД (по сравнению с известными аналогами). Его использование позволит автоматически регулировать силу и частоту ударов; снизить повышенную шумность, свойственную пневно- и бензоотбойникам; не создавать угрозу экологической обстановке. Была создана лабораторная установка ЭГЭ-перфоратора, на которой был апробирован принцип его действия и сняты рабочие характеристики.

Ключевые слова: *электрогидравлический эффект, "эффект Юткина", импульсный разряд в жидкости, преобразование электроэнергии.*

Maksimov Yu.V., Sokovikov V.K., Bekaev A.A., Strokov P.I., Kovalchuk A.Yu.

USE OF ELECTROHYDRAULIC EFFECT (YUTKIN EFFECT) IN ROAD-BUILDING CARS

The paper presents the design of electrohydraulic perforating machine based on "Yutkin effect", also known as electrohydraulic effect (EHE). This EHE perforating machine has high reliability and efficiency (compared with the known analogues). The use of EHE perforating machine will allow adjusting impact value and frequency in automatic regime, reducing of increased noiseness; increasing of ecological safety. To explore the possibilities of the developed device the of EHE perforating machine laboratory facility was designed. It was used to test its mode of functioning and performance.

Keywords: *electrohydraulic effect, "Yutkin effect", impulsing discharge, power conversion.*

Молния — типичный импульсный разряд в газе (воздухе), который сегодня хорошо изучен, так как его легко получают в лабораторных условиях. Однако той же молнии, но возникающей в жидкости, до настоящего времени не уделялось должного внимания. Хотя такие исследования, естественно, проводились и проводятся.

В частности, одними из первых ими еще в XVIII веке заинтересовались естествоиспытатели Т. Лейн и Дж. Пристли, а позже, в XX веке, — Т. Сведберг и Ф. Фрюнгель, установившие, что электрический пробой жидкостей, так же как и воздуха, носит характер искры, воспринимаемой в виде отшнурованного узко- и яркосветящегося канала. Однако они не заметили, что миллиметровый разряд в жидкости может стать прообразом нового способа трансформации электрической энергии в механическую и широко использован в самых различных областях науки и техники. Сделал это только советский ученый Л.А. Юткин. Именно он сформулировал новый способ трансформации электроэнергии в механическую, назвав его электрогидравлическим эффектом (ЭГЭ).

Сущность этого эффекта состоит в том, что при движении электроразряда высокого напряжения через жидкость в открытом или закрытом сосуде некоторый объем этой жидкости, находящийся в межэлектродном пространстве, мгновенно вскипает, в результате чего в сосуде образуется газожидкостная смесь. При расширении образовавшегося газа возникают высокие и сверхвысокие избыточные гидравлические давления, способные совершать полезную механическую работу. То есть, если в закрытом сосуде установлен подвижный поршень, то можно получить его практически мгновенное перемещение — рабочий ход, а после прекращения действия избыточного давления происходит конденсация (релаксация) ранее образовавшихся паров жидкости, и поршень совершит обратный ход.

Это открытие стало базой для создания множества технологических процессов, которые широко применяются во многих отраслях промышленности всего мира — машиностроительной, металлургической, горно-геологоразведочной, нефтяной и др. Но наиболее актуальными, на взгляд авторов настоящей статьи, являются методы использования ЭГЭ в стремительно развивающихся автомобильной и строительной отраслях. Особенно автомобильной промышленности, находящейся под жесточайшим контролем свода экологических норм и правил, разработанных Комитетом по внутреннему транспорту ЕЭК ООН. В связи с чем автопроизводителям не остается иного выхода, как создавать более совершенные, экологически чистые и экономически выгодные ДВС, а также использовать силовые установки комбинированного типа (гибриды) на основе ДВС. Но в любом случае им пока приходится иметь дело с традиционными ДВС и их системами. И прежде всего — с системой топливоподачи, в центре которой находится ТНВД — устройство, которое, к сожалению, имеет ряд недостатков, связанных, главным образом, с ограниченными техническими возможностями используемого электромеханического привода — сложностью конструкции, технологии изготовления и сборки; высокой стоимостью и недолговечностью прецизионных плунжерных пар элементов механизированного привода, большими мощностными затратами на его работу; ограниченными (не более 100 МПа, или 1000 кгс/см^2) возможностями по давлению впрыскивания и др. Что крайне затрудняет решение все ужесточающихся норм по выбросам вредных веществ в атмосферу. И здесь, думается, свою роль может сыграть ЭГЭ.

Предлагаемую идею подтверждают испытания созданной авторами лабораторной установки — макета принципиально новой конструкции топливного электрогидравлического насоса высокого давления (ЭГ-насоса), работающего на эффекте Л.А. Юткина. Их результаты показывают: современные серийно выпускаемые ТНВД могут быть успешно заменены более простыми, компактными, надежными и менее металлоемкими насосными ЭГЭ-установки (пат. № 2270356, РФ).

Разработанный ЭГ-насос конструктивно состоит (рис. 1) из рабочей камеры (корпус насоса); всасывающего и напорного гидроклапанов, работающих по принципу "ниппеля"; датчика контроля давлений, установленного в рабочей камере насоса; двух высоковольтных электродов с контакторами "+" и "–".

Электрогидравлическая схема ЭГ-насосы приведена на рис. 2. Принцип ее работы заключается в создании серии (ступеней) ударных волн давлений в рабочей камере насоса, создаваемых за счет пропускания электроразряда между высоковольтными электродами. Эти волны создаются в моменты открытия/закрытия напорного и всасывающего гидроклапанов, что обеспечивает дозирование подачи топлива в ДВС.

Так, в момент начала импульса в межэлектродном промежутке рабочей камеры насоса происходит резкое повышение температуры и интенсивное испарение некоторой части топлива, в результате чего образуется

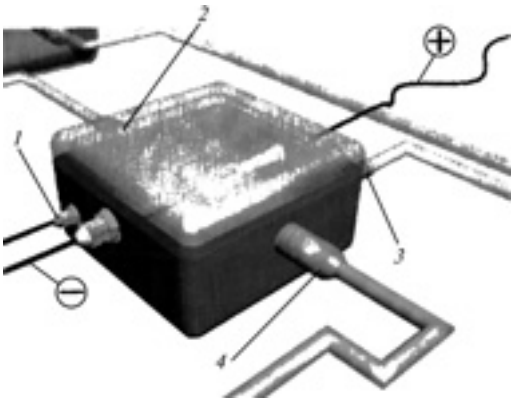


Рис. 1. Топливный насос высокого давления:

1 — датчик давления; *2* — напорный гидроклапан; *3* — предохранительный гидроклапан; *4* — всасывающий гидроклапан

паротопливная смесь. Она быстро расширяется, создавая избыточное давление и образуя на том месте, где был разряд, значительную по объему кавитационную газовую полость.

Под действием избыточного давления шарик напорного гидроклапана, преодолевая усилие пружины, отходит от седла и перепускает смесь из рабочей камеры в гидроаккумулятор системы топливораздачи (в этот момент всасывающий гидроклапан полностью закрыт).

Оставшаяся в насосе кавитационная газовая полость после выхода топлива через напорный гидроклапан мгновенно сжимается, что приводит к образованию разряжения (вакуум) в рабочей камере, под действием которого открывается всасывающий гидроклапан (напорный гидроклапан полностью закрывается), и камера насоса заполняется новой порцией топлива. Далее процесс повторяется.

Результаты экспериментальных исследований, проведенные на лабораторном образце ЭГ-насоса показали, что создаваемое избыточное давление $p_р$ топлива в канале разряда рабочей камеры насоса зависит от емкости конденсатора C и индуктивности цепи разряда L электронного блока преобразователя. Это хорошо подтверждают из рис. 3 и 4, на которых приведены зависимости этого давления p в функции индуктивности $L \cdot 10^{-3}$ Гн и емкости $C \cdot 10^{-6}$ Ф при напряжении $U_{пр}$ пробоя на высоковольтных электродах, равном 40 кВ.

Например, из рис. 3 видно, что уменьшение индуктивности с $2{,}2 \cdot 10^{-3}$ до $0{,}02 \cdot 10^{-3}$ Гн увеличивает давление разряда с 62 до 130 МПа (с 620 до 1300 кгс/см^2) при постоянной электроемкости C (грубая регулировка давления), а из рис. 4 — что с уменьшением емкости (тонкая регулировка давления) с $0{,}5 \cdot 10^{-6}$ до $0{,}01 \cdot 10^{-6}$ Ф и постоянной индуктивности L давление $p_{разр}$ возрастает с 25 до 62 МПа (с 250 до 620 кгс/см^2). Следовательно, для увеличения $p_{разр}$ и КПД ЭГ-насоса целесообразно уменьшать индуктивность L и емкость C конденсатора блока преобразователя.

Таким образом, результаты экспериментальных исследований показали возможность, во-первых, практического применения рассматриваемой конструкции насоса (кстати, не имеющей аналогов в мире), работающей на эффекте Л.А. Юткина без использования какого-либо электромеханического привода; во-вторых, создания больших избыточных давлений, повышающих 100 МПа, или 1000 кгс/см^2; и в-третьих, плавной (грубая и тонкая) регулировки избыточных давлений топлива, создаваемых в рабочей камере насоса.

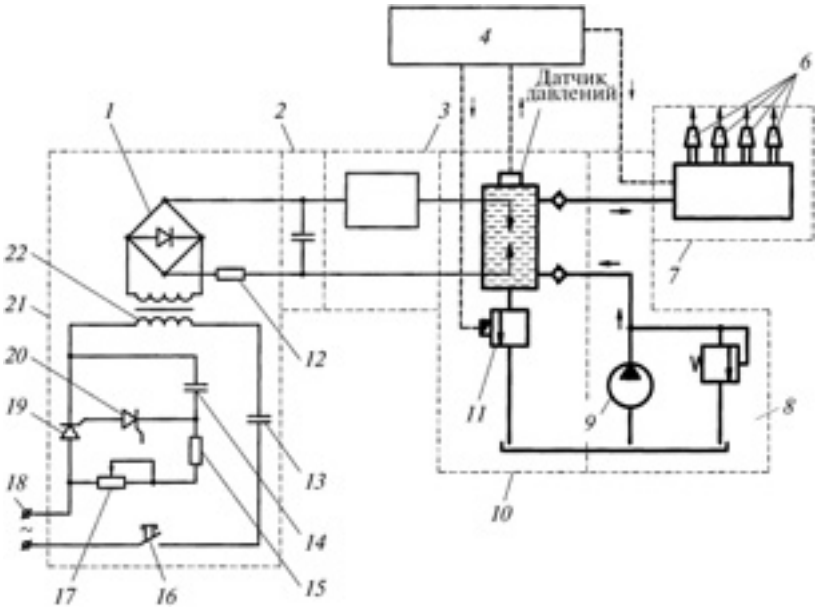


Рис. 2. Схема электрогидравлической системы с ЭГ-насосом:

1 — выпрямительный мост; *2*, *13* и *14* — конденсаторы; *3* — измерительный прибор; *4* — микроконтроллер автомобиля; *5* — датчик давления; *6* — форсунки; *7* — система топливоподачи; *8* — насосная установка; *9* — насос подпитки; *10* — ЭГ-насос; *11* — аварийный гидроклапан; *12*, *15*, *17* — резисторы; *16* — кнопочный контактор; *18* — сеть 22450 Гц; *19* — симистор ТС192-80; *20* — тиристор КН102Б; *21* — преобразователь напряжения

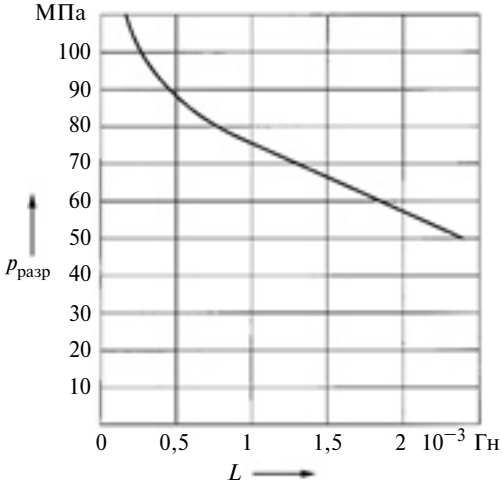


Рис. 3. Зависимость давления в канале разряда от индуктивности цепи

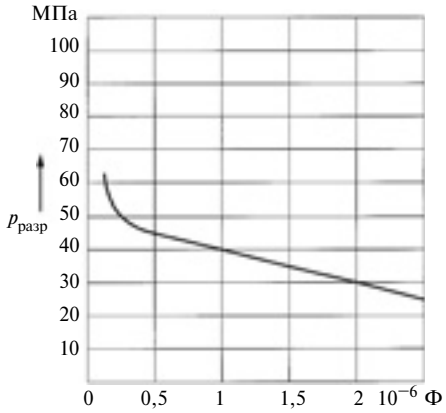


Рис. 4. Зависимость давления в канале разряда от емкости цепи

Нельзя не сказать и о втором актуальном направлении приложения "эффекта Л.А. Юткина" — ЭГЭ-устройствах для долбления и дробления твердой породы. Например, авторы разработали конструкцию электрогидравлического отбойного молотка — по сути, электрогидравлического перфоратора, предназначенного для использования в строительном и горнодобывающем деле, когда необходима регулируемая сила удара.

Как установлено, самым ближайшим аналогом такого устройства является инструмент с электрогидравлическим приводом, спроектированный на основе ручной электродрели с очень низким расчетным значением КПД (~37 %). Кроме того, он недостаточно надежен, что обусловлено высокой сложностью конструкции (а соответственно ее стоимостью); у него, к тому же, необходимо ограничивать реализуемую силу удара (из-за возникновения мощной отдачи).

Авторами же разработана более простая, легкая, компактная и надежная установка ЭГ-перфоратора (рис. 5).

Теперь о конкретных решениях.

Предлагаемый ЭГ-перфоратор имеет рабочую камеру *3*, которая заполнена водой с присадками, обеспечивающими ее незамерзание при отрицательных температурах и уменьшающими трение между слоями жидкости. В ней два (*1* и *7*) электрода с фторопластовой или аналогичной изоляцией, на которые от сети, аккумулятора или генератора подают высокое напряжение (оно может регулироваться до требуемых величин).

В рабочей камере установлен датчик давления *8*, сигнализирующий о необходимости дополнительной подпитки ее жидкостью через обратный гидроклапан *2*. Это можно сделать шприцем или аналогичными средствами (однако в этом практически не возникнет необходимости из-за хорошего уплотнения поршня кольцами *9*).

При подаче с пульта *6* управления напряжения разряда между электродами образуется электрическая дуга, происходит мгновенное испарение (кипение) жидкости. Возникающее при этом давление парожидкостной смеси давит на шток *5* поршня *4*, который, перемещаясь, преодолевает усилие пружины *10*, обеспечивая рабочее действие сменным ударным наконечником *11*.

После совершения ударного действия идет процесс конденсации (релаксации) воздушных пузырьков, в рабочей камере *3* создается вакуум, и при растяжении пружины *10* поршень *4* смещается в верхнее положение. Далее процесс повторяется.

Величину усилия и частоту удара, очевидно, можно регулировать напряжением, подаваемым на вход электродов от пульта *6* управления.

И еще одно. Результаты экспериментальных исследований показали, что при одном и том же напряжении (40 тыс. В) пробоя между электродами на изменение силы и частоты удара в большей степени влияет изменение индуктивности катушки нежели емкости конденсатора (полученные зависимости аналогичны представленным на рис. 3 и 4). Но при этом следует иметь в виду, что КПД ЭГЭ-устройства, работающего на воде, существенно отличается от КПД ЭГЭ-устройств, работающих на других жидкостях [9].

Так, при исследовании КПД лабораторного образца было установлено, что при ходе *x* поршня, равном или меньшем 12 мм, КПД ЭГ-перфоратора, работающего на воде с присадками, составлял 35—40 %, причем при больших ходах поршня уменьшался (пат. № 74335, РФ).

Полученные результаты хорошо согласуются с результатами экспериментальных исследований, выполненных Л.А. Юткиным, который установил, что КПД электрогидравлических устройств, работающих на воде, равен ~40 % при удалении поршня от канала разряда на расстояние $X \geqslant 20 \cdot 10^{-3}$ м, а при использова-

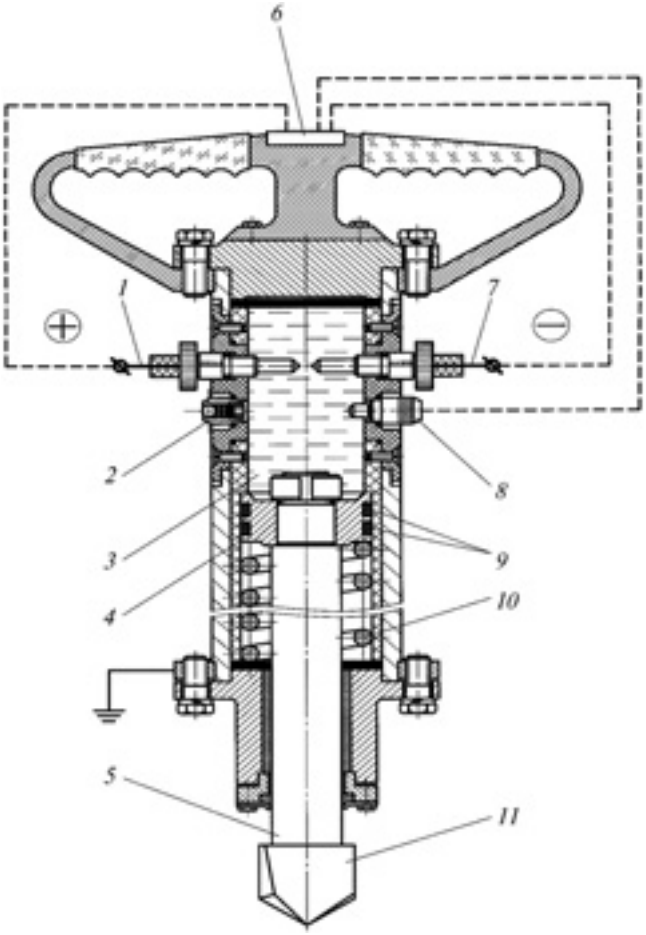


Рис. 5. Схема ЭГ-перфоратора:

1, *7* — электроды; *2* — обратный гидроклапан; *3* — рабочая камера; *4* — поршень; *5* — шток; *6* — пульт управления; *8* — датчик давления; *9* — уплотнительные кольца; *10* — пружина; *11* — сменный ударный наконечник

Рабочая жидкость	Коэффициент кинематической вязкости, Ст	η_{max}
Вода	0,01005	35—40 %
Антифриз "Экосол-40"	0,02426	33—38 %
Машинное масло "Lotos L-AN"	0,092	25—30 %
Трансформаторное масло "ТКп"	0,28	7—12 %

нии других жидкостей КПД зависит от их вязкости (см. таблицу).

Как видно из таблицы, наибольший КПД имеет вода — при прочих равных условиях более чем в 5 раз больше, чем, например, КПД трансформаторного масла.

Отсюда следует, что для увеличения КПД ЭГЭ-устройства необходимо подбирать такую жидкость, у которой коэффициент внутреннего трения ее слоев (коэффициент вязкости) как можно меньший. Например, альтернативой воде может выступить полиметилсилоксан (кремнийорганическая жидкость), имеющий вязкость, почти в 2 раза меньшую вязкости воды (0,0065 Ст) и более широкий диапазон рабочих температур (от 233 до 473 К, или от −40 до +200 °С).

Вместо воды или в сочетании с ней может быть также рекомендована силиконовая жидкость марки "DOW Corninq 200" с той же вязкостью и температурным диапазоном применения, что и полиметилсилоксан.

Обобщая сказанное выше, можно сказать, что ЭГЭ-устройства, работающие на "эффекте Л.А. Юткина", могут найти широчайшее применение в автомобильной и строительной индустрии, так как они технически более совершенны, чем любые существующие их аналоги.

Так, ЭГ-насос обладает следующими достоинствами.

Во-первых, он может работать без использования какого-либо электромеханического привода, что исключает мощностные затраты, связанные с приведением в движение привода ТНВД, и снижает шумность работы ДВС.

Во-вторых, на его основе можно создать бóльшие, чем у серийных ТНВД, избыточные давления, под действием которых топливо будет более качественно распыляться в камерах сгорания, повышая топливно-экономические показатели ДВС.

В-третьих, он позволяет с помощью электронного пульта управления гибко регулировать его работу, что улучшает процесс контроля дозирования и впрыскивания топлива в камеру сгорания.

В-четвертых, его применение значительно снижает металлоемкость конструкции и стоимость топливной системы ДВС, а также упрощает ее техническое обслуживание.

В-пятых, получается "попутный" эффект: разогретое топливо, частично содержащее пары, обеспечивает наилучшее сгорание в цилиндрах ДВС.

Что касается перфоратора, то здесь ЭГЭ обеспечивает возможность регулировки (с пульта управления) силы и частоты ударов; защищает и оператора от повышенной шумности, свойственной пневматическим и бензиновым отбойным молоткам; позволяет работать как от электрической сети, так и от батареи аккумуляторов или автомобильного бортового генератора; причем и в том, и в другом, и в третьем случае обеспечивается экологическая чистота рассматриваемых устройств, поскольку они потребляют только электрическую энергию.

Литература

1. Патент РФ № 2015873. Инструмент с электрогидравлическим приводом. Опубл. 15.07.94.
2. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект. М.; Л.: Машгиз, 1955. — 52 с.

ИНФОРМАЦИЯ

За рубежом

УДК 629.113/.115

ФИАТ: ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНЦЕПЦИИ ОТКРЫТЫХ ИННОВАЦИЙ

Канд. экон. наук М.А. ШУШКИН

Нижегородский ГАСУ (8312 430-19-48)

Даются ответы на следующие вопросы: каким образом реализуется парадигма открытых инноваций в автомобилестроительных фирмах? Как можно организовать управление исследованиями и разработками в рамках этой концепции? Какие выгоды и угрозы от применения открытых инноваций?

Ключевые слова: *управление инновациями, автомобилестроение, открытые инновации, исследования и разработки.*

Shushkin M.A.

EXPERIENCE WITH OPEN INNOVATION IN FIAT

The publication answers the following questions: How realized the paradigm of open innovation in automotive companies? As can be organized by the research and development in the framework of this concept? What are the benefits and threats of the use of open innovation? The answer to these questions are given on the basis of learning Research Centre Group of FIAT.

Keywords: *innovation management, automotive, open innovation, research and development.*

Крайне низкая конкурентоспособность и технологическое отставание отечественной автомобильной промышленности от мирового уровня требуют разработки эффективных инновационных и конкурентных стратегий развития компаний. В то же время используемый ранее ресурсный подход и акцент преимущественно на собственные разработки не может быть эффективно использован отечественными автомобилестроителями в связи с ограниченностью их ресурсов и состоявшимся регрессом в области инноваций в отрасли.

Однако решение этой крупной научной проблемы, по мнению автора, вполне возможно. Его основа — парадигма открытых инноваций, предложенная Г. Чесбро [1], которая предполагает (рис. 1) снижение ограничений на обмен информацией с внешней средой, активизацию сотрудничества в области инноваций с поставщи-

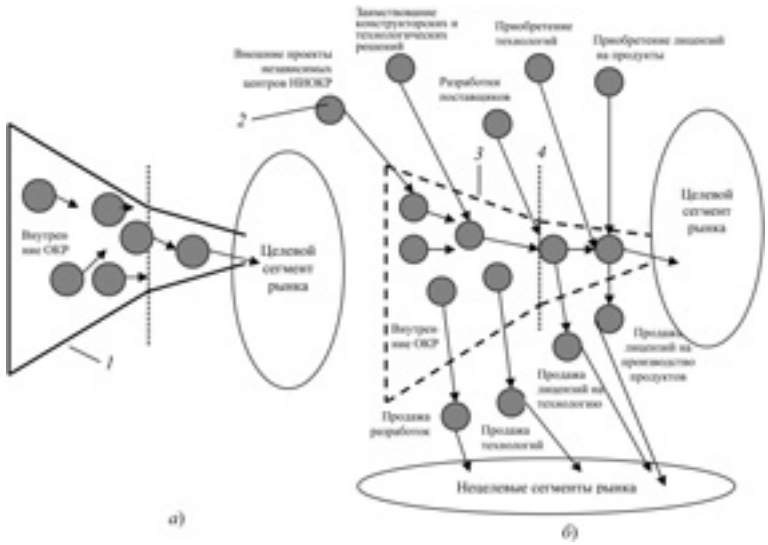


Рис. 1. Концептуальные модели закрытых (а) и открытых (б) инноваций:

1 — границы внутренней среды фирмы с идеологией закрытых инноваций; *2* — инновационные проекты; *3* — границы внутренней среды фирмы с идеологией открытых инноваций; *4* — фильтр инновационных проектов

ками, потребителями, посредниками, независимыми центрами НИОКР и конкурентами. Она активно используется многими фирмами таких высокотехнологичных отраслей, как электроника, химия.

Что же касается автомобилестроения, то здесь лидером по ее применению стала группа ФИАТ. Поэтому автор и строит все изложенные ниже соображения именно на ее примере.

ФИАТ объединяет множество фирм, занимающихся производством легковых автомобилей (ФИАТ, "Мазерати", "Феррари"), сельскохозяйственной и строительной техники (CNH), грузовых коммерческих транспортных средств ("Ивеко"), компонентов производственных систем ("ФИАТ Пауветрайн Технолоджи", "Магнети Марели", "Тексид", "Комау"). При этом за все мероприятия технического развития, прикладных исследований и разработок для всех предприятий, входящих в группу, отвечает исследовательский центр СРФ, в котором работает более 850 специалистов и который активно сотрудничает со 150 университетами по всей Европе и 1000 промышленными партнерами по всему миру. Достаточно сказать, что только в 2008 г. он зарегистрировал более 2300 патентов.

Следует отметить, что опыт использования инструментов открытых инноваций для группы ФИАТ насчитывает уже два десятилетия. И началось это в 1990-х годах, когда мировая автомобилестроительная отрасль переживала очередной спад, причем самые значительные падения продаж приходились именно на Италию и Испанию.

В таких условиях ФИАТ вынуждена была прибегнуть к массовым сокращениям работников и коренной реструктуризации. Однако предпринятая тактическая антикризисная мера могла отрицательно сказаться на долгосрочной перспективе и потере большей части имеющихся компетенций в технологической области. Поэтому данную проблему было предложено решить на основе продажи технологических решений своим партнерам (преимущественно в других или смежных отраслях). Благодаря этому предполагалось финансировать собственные разработки из внешних источников. Кроме того, активизировалась совместная работа над отдельными проектами с университетами, научно-исследовательскими центрами и другими инновационно-активными фирмами.

Эти идеи были реализованы в 1993 г., что означало переход ФИАТ от парадигмы закрытых инноваций к открытым. В результате доходы от внешних проектов в области исследований и разработок возросли с 5 млн евро в 1993 г. до 68 млн евро в 2003 г., а число внешних клиентов — с 0,5 до 3 тыс. [2].

Такой успех был достигнут во многом за счет изменений функций СРФ. Вместо того чтобы просто продавать технологии, фокус внимания был сосредоточен на понятии "передача конкурентоспособности своим клиентам".

В рамках данной миссии был описан новый (см. рис. 1) стратегический подход с аббревиатурой СССР (Competitiveness for Customers at Competitive Price — "конкурентоспособность для клиентов по конкурентоспособным ценам"). Для этого были введены следующие процедуры: изучение потребностей потенциальных клиентов, которые могут стать получателем технологии; анализ требований микроклиентов (конкретных лиц в организациях, которые влияют на принятие решений о покупке технологии, и реализуют ее в конечных продуктах; выбор технологий, которые могут быть проданы (с целью удержания критически важных технологий).

Опасения, связанные с возможностью потери прибыли и компетенций от передачи технологий, оказались оправданными. В качестве наиболее яркого примера негативного опыта можно привести продажу фирме "Бош" пакета критически важных патентов на технологию непосредственного впрыскивания топлива в дизель. Как показало время, "Бош", доработав технологию, получила наиболее конкурентоспособный продукт и многогодовую монополию на него, а прибыль от реализации разработки составила 1 млрд евро — в 70 раз превысило затраты на покупку.

Для предотвращения таких ошибок в будущем в практику принятия управленческих решений о передаче технологий клиентам была введена процедура аудита технологий на основе подхода, предложенного Хаммелом и Прахаладом [3]. Согласно ему, все имеющиеся технологии дифференцируются на три вида: уникальные, которые создают ценность для СРФ и группы ФИАТ в долгосрочной перспективе; стандартные, которые могут быть легко приобретены за пределами СРФ или группы ФИАТ и не предопределяют конкурентоспособность в долгосрочной перспективе; актуальные уникальные, которые в настоящее время используются группой ФИАТ, однако не имеют влияния на средне- и долгосрочную перспективы конкурентоспособности фирмы, но могут быть полезны внешним клиентам в других отраслях, т. е. могут быть коммерциализированы во внешней среде.

Основная сложность реализации данного подхода заключалась в идентификации перечисленных видов технологий. До 1996 г. такие решения принимались в штаб-квартире группы ФИАТ, где корпоративные менеджеры, не имеющие непосредственного отношения к исследованиям и разработкам, не могли полноценно оценить перспективность тех или иных патентов. В связи с этим в 1996 г. было принято решение о децентрализации управления и передаче права принятия управленческих решений по трансферу технологий исследовательскому центру СРФ. Помимо этого, была внедрена практика систематической оценки имеющихся компетенций по различным технологическим областям, в которых работает СРФ. В частности, тщательную оценку технологий принято проводить каждые два года на основе экспертного интервью по специально разработанным вопросникам.

Обработка результатов таких опросов позволяла идентифицировать вид конкретных технологий относительно их значимости для группы ФИАТ.

Эти управленческие механизмы дали возможность более активно реализовывать не критичные для фирмы технологии на внешних рынках. (Интересный факт: после внедрения таких процедур не произошло ни одной управленческой ошибки, связанной с передачей критически важных технологий, подобной продаже патентов фирме "Бош".)

Таким образом, к середине 1990-х годов СРФ передало технологии внешним заказчикам — одним из важных направлений бизнеса для группы ФИАТ. Однако для эффективной работы на внешних рынках необходимо было наладить продуктивные взаимоотношения с клиентами. Дело в том, как показала практика, клиенты не всегда знают, что они действительно хотят. Поэтому более склонны

покупать только те технологии, которые оказывают прямое и явно видимое воздействие на их конкурентоспособность (принцип "здесь и сейчас"). В связи с чем одним из эффективных инструментов планирования разработок и продажи технологий внешним клиентам стал так называемый "входной лист", который исследователи СРФ должны заполнять в самом начале всех инновационных проектов. При этом каждый такой проект может одновременно иметь целью несколько конечных результатов — прототипов АТС, производственных технологий или методологий, а каждый из ожидаемых результатов записывается во "входном листе" в соответствующих графах.

Далее определяются бизнес-модели, с помощью которых научный результат может быть реализован. Модель включает описание технических аспектов производства; влияние технологии и продуктов на бизнес клиентов и их конкурентные преимущества; ожидаемые изменения в бизнес-процессах (производстве, логистике, закупках и т. д.); влияние научного результата на будущие технологии и продукты потенциальных клиентов. В этом документе также описываются технические, экономические и организационные аспекты, которые могут повлиять на способность клиента извлекать выгоды от проекта. Кроме того, "входной лист" является основой для интерактивного диалога с клиентом на стадии всего проекта.

Изменению подверглась и система мотивации специалистов СРФ. В рамках новой идеологии они должны исследовать компетенции и технологические потребности имеющихся и потенциальных клиентов.

Вторым направлением реализации концепции открытых инноваций стало участие СРФ в программах технологического развития Европейских автопроизводителей (EU EUCAR), которые часто имеют десятки партнеров с противоречивыми целями исследований. Это позволило специалистам центра СРФ приобрести опыт работы не только в автомобилестроительной, но и в других отраслях. Кроме того, программы предусматривают обмен информацией, в том числе и между конкурентами, что дает возможность определить общий уровень развития перспективных технологий в отрасли.

Однако самое главное преимущество от участия в европейских программах заключалось в формировании беспрецедентной сети взаимосвязей СРФ с университетами, другими автопроизводителями и с фирмами из других отраслей, с которыми ранее поддерживались лишь бессистемные случайные отношения. В результате было создано 750 инновационных партнерств (80 — с университетами и 670 — с фирмами) [4].

Реализации идей открытых инноваций СРФ способствовала гибкая матричная организационная структура управления (рис. 2). В результате обеспечена глубокая специализация в ключевых технологических областях, а также высокая гибкость и способность оперативно координировать инновационные проекты, ориентированные на клиентов.

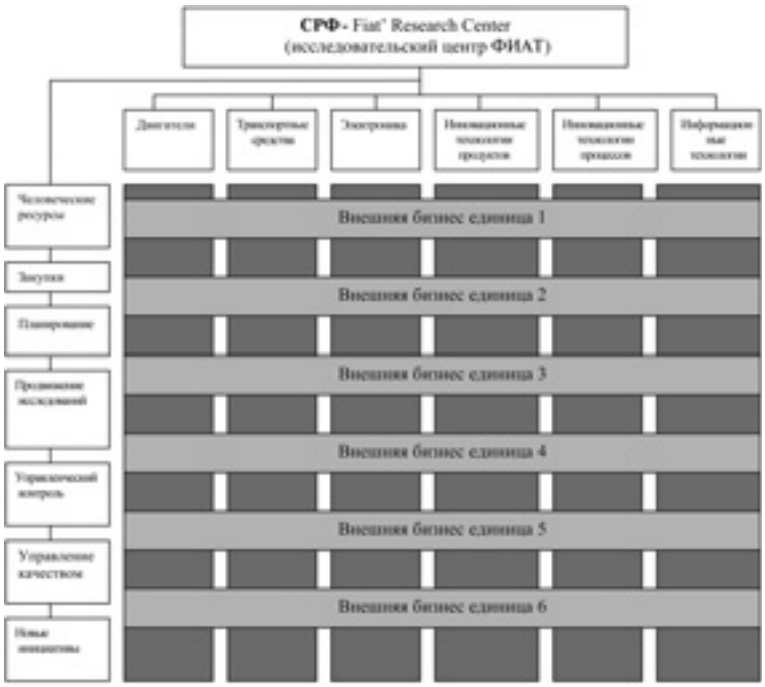


Рис. 2. Организационная структура управления инновационной деятельностью в группе ФИАТ

По горизонтали такой матрицы, как видно из рис. 2, располагаются шесть технологических областей (двигатели, транспортные средства, электронные системы, инновационные технологии продукта, инновационные технологии процессов, инновационные технологии), а по вертикали — функциональные области управления инновационным процессом (человеческие ресурсы, закупки, планирование, продвижение исследований, управленческий контроль, управление качеством, новые инициативы).

Каждый проект, ориентированный на внешнего заказчика, определяется как "внешняя бизнес-единица" (EBU). В свою очередь, каждая EBU может рассчитывать на привлечение нескольких специалистов из разных технических областей, а директору EBU предоставляется значительный уровень автономии при принятии управленческих решений. В то же время он полностью отвечает за результаты возглавляемого им проекта [5].

Дальнейшее развитие этой структуры было связано с созданием подразделения "внешнего распространения инноваций" (DEI), основные функции которого — аудит имеющихся у фирмы технологий с целью выявления возможностей передачи их клиентам в различных отраслях; координация работы над проектами между исследователями из СРФ и внешними клиентами; составление маркетинговых концепций и планов для разрабатываемых инновационных продуктов; продвижение инноваций на рынок.

На основе матричной структуры реализованы, например, такие успешные проекты, как сотрудничество с фирмой "Бежелли" (специализируется на выпуске аварийного и промышленного осветительного оборудования) при разработке оптических технологий с использованием светодиодов, а накопленный опыт при реализации данного проекта успешно применен через несколько лет уже в автомобильной промышленности.

Положительный пример использования концепции открытых инноваций в мировой практике автомобилестроения позволяет говорить о необходимости адаптации данной управленческой парадигмы в отечественных предприятиях отрасли. В связи с этим перспективные направления исследования могут быть связаны с изучением факторов, способствующих (или сдерживающих) внедрение идеологии открытых инноваций на отечественных предприятиях; разработкой технологий реализации стратегий открытых инноваций для автомобилестроительных фирм; формированием организационно-экономических механизмов стратегического управления на основе парадигмы открытых инноваций.

Литература

1. Chesbrough H. Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profotong fron Technology. Cambridge, MA: Harvard Business School Press, 2003.
2. Marchionne S. Fiat's Extreme Makeover: My job as GEO is not to make business decisions — it's to push managers to be leaders. Harvard Business Review, 86/12 (December 2008). P. 45—48.
3. Hamel G., Prahalad C.K. Competing for the Future. Cambridge, MA: Harvard Business School Press, 1994.
4. Ormala E., Vonortas N.S. Evaluating the European Union's Research Framework Programme: 1999—2003, Science and Public Policy. 2005. 32/5. P. 399—406.
5. Alberto Di Minin, Federico Frattini, Andrea Puccaluga. Fiat: Open innovation in a downturn (1993—2003). California management review. Vol. 52. № 3. Spring 2010.

В сентябре 2010 г. компания "Аллисон Трансмишн" объявила о планах построить современный завод в Сентготтхарде (Венгрия). А в октябре 2011-го предприятие было официально открыто и приступило к производству автоматических трансмиссий серии 3000, 4000 и "Торгматик", которые широко используются в среднетоннажном и тяжелом коммерческом транспорте, в том числе в военной технике, и в гибридных силовых установках для междугородных автобусов.

Фирма "Аллисон" также объявила, что в течение нескольких недель при заводе в Сентготтхарде также будет открыт новый Центр индивидуальной адаптации продукции. Подбор индивидуальных модификаций, позволяющих предоставить оптимальное решение для конкретных требований заказчика, снизит время сборки силовой установки автомобиля и увеличит общую эффективность.

•

Компания ИВЕКО совместно с Ассоциацией автомобильной техники (АТА) провела седьмые соревнования "Формула Гибрид" на специально подготовленной трассе испытательного комплекса "ФИАТ Индастриал Вилладж". Это уникальное событие в мире техники и спорта призвано повысить интерес молодых специалистов и студентов-технарей к гибридным автомобилям. По мнению АТА, подобные соревнования повышают профессионализм и поддерживают энтузиазм и командный дух молодых инженеров, разрабатывающих новые решения в области альтернативной энергетики и экологичного транспорта. На трассу были допущены автомобили с открытыми колесами, оснащенные электрическими и гибридными двигателями. Всего в соревнованиях приняли участие 13 команд, в которые вошли более 300 студентов технических вузов со всего мира.

Для ИВЕКО развитие "экологичных" решений в области транспорта всегда было в числе приоритетных. При этом специалисты компании считают, что инновации должны идти рука об руку с практичностью и надежностью. Поэтому многие технологии с успехом применяются на серийных моделях: линейка гибридных, электрических и газовых двигателей ИВЕКО довольно широкая и используется во всех сегментах типажа коммерческих автомобилей. Характеристики традиционных дизельных двигателей также постоянно совершенствуются в сторону большей экономии топлива и снижения выбросов CO_2. В частности, новый автомобиль "ИВЕКО Дэйли", представленный в сентябре на выставке "Комтранс-2011", потребляет на 10 % топлива меньше, чем модели предыдущего поколения, а соответственно, обладает более низкой токсичностью отработавших газов.

Содержание

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Рассказова А.Н. — Мировой опыт кластеризации автомобильной промышленности . . . 1
Корнев С.В. — Проблемы трудовой мотивации управленческого персонала на предприятиях автомобильной промышленности . . . 5
АСМ-факты . . . 8

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Волочко А.Т., Пилатов А.Ю., Изобелло А.Ю. — Расчет средней температуры поршня высокофорсированного дизеля . . . 8
Дьяков И.Ф. — Новый способ управления вентилятором ДВС . . . 13
Лепешкин А.В. — Теоретическое обоснование методики формулирования закона управления регулируемым приводом ведущих колес прицепа автопоезда 16
Бабакин А.Н. — Живучесть ВАТ и боестойкие шины . . . 19

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АТС

Магдиев Ш.П., Базаров Б.И. — О сроках замены моторных масел АТС в горных условиях . . . 23
Грановский В.А., Шушаков Д.Н., Одинцов А.Е. — Совершенствование организации движения при перевозке крупногабаритных и тяжеловесных грузов . 24
Ответы на письма читателей
Евсеев П.П. — Оценочные показатели функционирования автомобиля . . 26

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

Буянов А.С., Виноградов В.М., Черепахин А.А. — Схемы холодного профильного накатывания зубьев и их эффективность . . . 28
Алексеев Н.С., Иванов С.В., Бойко Е.А., Капорин В.А., Криверженко Д.С., Резанов И.Ю. — Об износе абразивных материалов при микрорезании плазменного покрытия на никелевой основе . . . 30
Максимов Ю.В., Соковиков В.К., Бекаев А.А., Строков П.И., Ковальчук А.Ю. — Использование эффекта Л.А. Юткина в электрогидравлических устройствах . 34

ИНФОРМАЦИЯ

За рубежом
Шушкин М.А. — ФИАТ: опыт использования концепции открытых инноваций . . . 37
Коротко о разном . . . 40

Главный редактор Н. А. ПУГИН

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

И. В. Балабин, С. В. Бахмутов, О. И. Гируцкий, В. И. Гладков, М. А. Григорьев, Ю. К. Есеновский-Лашков, А. С. Ковригин, Р. В. Козырев, С. М. Круглов, Ю. А. Купеев, Г. И. Мамити, В. А. Марков, А.В. Николаенко, Э. Н. Никульников, В. И. Пашков, Н. Т. Сорокин, А. И. Титков, В. Н. Филимонов

Белорусский региональный редакционный совет:

М. С. Высоцкий (председатель), В. Б. Альгин (зам. председателя), А. Н. Егоров, Ан. М. Захарик, Г. М. Кухаренок, П. Л. Мариев, Ю. И. Николаев, И. С. Сазонов, С. В. Харитончик

Корректор Т.В. Пчелкина
Сдано в набор 02.09.2011. Подписано в печать 19.10.2011.
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 4,9. Уч.-изд. л. 6,94. Зак. 764.
Отпечатано в ООО «Подольская Периодика»
142110, Московская обл., г. Подольск, ул. Кирова, 15

ООО «Издательство Машиностроение»
Адрес издательства и редакции:
107076, Москва, Стромынский пер., 4
Телефон (499) 269-54-98, (915) 412-52-56
E-mail: avtoprom@mashin.ru, avtoprom@aport.ru
www.mashin.ru www.avtomash.ru

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.
Свидетельство ПН № 77-7184
Цена свободная.
Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней.

За содержание рекламных объявлений ответственность несет рекламодатель.
Перепечатка материалов из журнала «Автомобильная промышленность» возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией; ссылка — обязательна.