



## ЭКОНОМИКА

## И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 331.103

### МНОГОФАКТОРНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ОПЛАТЫ ТРУДА РЕМОНТНОГО ПЕРСОНАЛА НА ПРЕДПРИЯТИИ МАССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Е.И. ШВЕЁВА

ИНЭКА (8.8552. 58-97-16)

*Рассмотрены факторы, влияющие на формирование оплаты труда ремонтного персонала в массовом производстве, способствующие повышению мотивационного компонента работников к эффективному труду.*

**Ключевые слова:** предприятие, работник, производство, фактор, труд.

Shveeva E.I.

#### THE MULTIPLE-FACTORED APPROACH TO FORMATION OF THE SALARY OF REPAIR PERSONNEL ON THE MASS PRODUCTION ENTERPRISES

*The factors influencing formation of payment of the repair personnel in mass type of manufacture, promoting increase of a motivational component of workers to effective work are revealed.*

**Keywords:** enterprise, worker, manufacture, factor, work.

Ни для кого не секрет, что применяемые работодателями индивидуальные формы и системы оплаты труда, основанные на распределении коллективного заработка в соответствии с присвоенными разрядами и отработанным временем, малоэффективны. Их недостатки особенно ярко проявляются при массовом производстве, для которого характерны большие объемы выпуска изделий узкой номенклатуры, непрерывно изготавливаемых в течение продолжительного времени. То есть производства, где рабочие места узкоспециализированы и загружены выполнением одной и той же операции над одними и теми же деталями. Однако ремонтный персонал таких производств решает более широкий круг задач, чем персонал основной: он должен обеспечивать ритмичную и эффективную работу технологического оборудования, т.е. своевременно проводить его техническое обслуживание и ремонт, следовательно, ни о какой узкой специализации ремонтных рабочих говорить нельзя. Наоборот, они должны быть универсалами. Значит, и система оплаты их труда должна быть другой, учитывающей многообразие обязанностей ремонтников и их конкретный вклад в эффективность работы предприятия. И своевременные методы управления первичны-

ми трудовыми коллективами (ремонтными бригадами) позволяют это делать: они, в частности, предполагают широкое использование дополнительных источников материального стимулирования, одним из которых являются различные премии за конечные результаты работы бригады. Причем исследования показывают, что на конечный результат работы и бригады, и каждого отдельно взятого ее члена влияет совокупность количественных (количество отремонтированного оборудования в смену; число его переналадок, количество оборудования, не участвующего в производственном процессе по причине неисправности и др.) и качественных (способность работать в команде, инициативность и др.) факторов. Поэтому при распределении премии необходимо учитывать все разнообразие условий работы как всей бригады, так и отдельных ее членов.

Но на практике, к сожалению, этого нет. Как правило, действующие на предприятии система и формы оплаты труда разделяют месячную заработную плату ремонтного, как и любого другого работника, на две части. Первая зависит от выполнения им своих должностных обязанностей и соблюдения требований локальных нормативных документов (правила внутреннего трудового распорядка и др.), а вторая (премиальная) носит обезличенный характер, поэтому работник воспринимает ее, как само собой разумеющийся факт, своего рода обычай, а не поощрение за конкретно достигнутый результат. Тем более что повлиять на размер премии он не может, поскольку выплачивается она по усмотрению руководства. Что, в конечном счете, приводит к росту напряженности как в самом коллективе, так и в отношениях между бригадой и руководством. А это негативно сказывается на производительности труда и эффективности работы предприятия в целом. Причины такого положения — игнорирование индивидуальных результатов труда при расчете заработной платы, отсутствие прозрачности в процедуре расчета (невозможность работника повлиять на размер заработной платы).

Вывод из всего сказанного очевиден: необходимы учет и использование в распределительном механизме фактических результатов труда на базе выполненной работы. Именно они позволяют стимулировать рост производительности ремонтного работника и повышение качества его труда, способствуют более полному осуществлению принципов социальной справедливости в оплате труда, укреплению морально-психологического климата в коллективе. Другими словами, только многофакторный подход к формированию заработной платы работников ремонтной

службы предприятия позволяет совершенствовать их оплату труда, стимулировать своевременное и качественное выполнение каждым работником своих должностных обязанностей, рационально использовать фонд оплаты труда. И другого подхода, кроме многофакторного, в данном случае быть не должно. Такова уж специфика труда ремонтного персонала. Этот труд при обслуживании оборудования достаточно сложен, а выполнение ремонтных работ — непредсказуем как по затратам, так и по сложности. Главное же, эти работы приходится выполнять в условиях жестко лимитированного времени — с тем, чтобы обеспечить бесперебойное функционирование технологического оборудования.

Для предприятий массового производства многофакторный подход к формированию заработной платы ремонтных рабочих создает предпосылки для мотивации самостоятельности каждого из них такими средствами своевременной и систематической оценки результатов работы, как рейтинговые системы. Анализируя рейтинги с позиции мотивации труда, легко видеть, что они, во-первых, побуждают работника направлять свои усилия на внедрение всего нового, прогрессивного; регулируют зависимость между личным его вкладом и конечными результатами труда бригады; во-вторых, обеспечивают реализацию стимулирующей функции в системе оплаты труда; в-третьих, позволяют найти дополнительные стимулы к повышению качества труда, мотивируя и удерживая действительно ценных для предприятия работников.

Очень важно и то, что рейтинговая система оплаты труда рабочих по ремонту и техническому обслуживанию оборудования в состоянии включить как минимум четыре группы факторов, которые нацеливают на повышение мотивации работников, а значит, и на оплату их труда.

Первая из этих групп — факторы, непосредственно связанные с организацией технического обслуживания и ремонта оборудования. К их числу относится, во-первых, фактор "специализация работ по ТО и ТР оборудования", который зависит от вида и количества используемого в основном производстве оборудования, длительности и структуры ремонтного цикла каждой его единицы, а также категории сложности его ремонта. Этот фактор, очевидно, определяет структуру организации технического обслуживания и ремонта оборудования на предприятии, т.е. число и численность вспомогательных (ремонтных) подразделений.

Во-вторых, фактор "нормативы простоя технологического оборудования", который характеризуется продолжительностью простоя оборудования (в часах, днях) в течение ремонтного цикла и определяет долю простоев каждой единицы технологического оборудования в течение данного цикла.

В-третьих, фактор "трудоемкость категории сложности", который характеризуется затратами труда (трудоемкость) и материалов (материалоемкость) на ремонт технологического оборудования различной категории сложности ремонта. Этот фактор определяет отклонение фактических значений расхода материальных и трудовых ресурсов от нормативных.

В-четвертых, фактор "механизация ремонтных работ". Он характеризует степень использования различных механизмов и приспособлений при проведении ТО и ТР оборудования, т.е. определяет условия труда на каждом рабочем месте.

В-пятых, фактор "норма управляемости", зависящий от структуры организации ТО и ТР оборудования на предприятии. Он устанавливается в зависимости от уровня сложности работы на участке, определяемого на основе среднего разряда, средней группы сложности ремонта и

числа типов и моделей оборудования. Причем практика свидетельствует: эффективное и квалифицированное выполнение ремонтных работ может быть достигнуто, если на одного мастера приходится не более 15 (участки электро-монтажных, слесарно-сварочных и некоторых других работ) или 18 (термические и сварочные участки) квалифицированных рабочих.

Во вторую группу входят факторы, связанные с профессиональной деятельностью работников ремонтной службы. Это, во-первых, фактор "результативность выполняемой работы", который позволяет оценить эффективность работы каждого работника ремонтной службы; во-вторых, фактор "планирование своей деятельности, адаптивность", оценивающий способность работника работать в новых, изменяющихся условиях; в третьих, фактор "квалификационный уровень", который сугубо специфичен для каждого предприятия и должен учитываться только при разработке системы оплаты труда конкретной ремонтной службы, поскольку наличие квалифицированных специалистов позволяет создавать более специализированные функциональные подразделения.

Третью группу образуют факторы, связанные с системой и формой оплаты труда. Это: фактор "компенсационные выплаты", учитывающий доплаты и надбавки компенсационного характера, в том числе за выполнение сверхурочной работы, работ в ночное время (в третью смену), в выходные и праздничные дни и т.п.; фактор "стимулирующие выплаты", характеризующий доплаты и надбавки стимулирующего характера, премии и иные поощрительные выплаты согласно утвержденному "Положению об оплате труда".

Четвертая группа — факторы, связанные с личностными качествами работника. Их три: фактор "число внесенных работником и принятых к реализации рационализаторских предложений", который позволяет оценить участие работника в процессе внедрения новых принципов и инструментов системы "бережливое производство" на предприятии; фактор "инициативность", оценивающий творческий потенциал работника при решении производственных задач, и фактор "умение работать в коллективе", определяющий способность работника повышать результативность своей работы за счет кооперации с другими работниками, т.е. соблюдать правила командной работы.

Как видим, факторов довольно много. Поэтому одновременное их использование с практической точки зрения нецелесообразно: в реальных условиях это привело бы к значительным трудовым затратам и неоправданным усложнениям процесса оценки их влияния на формирование оплаты труда ремонтных рабочих. Более правильное решение — ранжирование факторов и выбор наиболее "весомых" для предприятия. Но в общем случае, как показал выполненный автором экспертный опрос, наиболее значимыми следует считать пять факторов: планирование каждым рабочим своей деятельности; специализация работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования; умение работать в команде; инициативность; квалификационный уровень.

Каждый из этих факторов, конечно, по-разному оказывает влияние на заработную плату ремонтного персонала массового производства. Но при одновременном их учете обеспечивается активная и равномерная трудовая деятельность работников и четко просматривается перспектива повышения их заработной платы. А ведь доказано, что только высокоорганизованный и адекватно оплачиваемый труд повышает результативность работников, оказывая решающее влияние на эффективность деятельности предприятия.

## СОЗДАНИЕ БЛАГОПРИЯТНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ СОТРУДНИКОВ ФИРМЫ – ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ

Канд. техн. наук **М.Ю. ЧАЙКОВ, А.М. ЧАЙКОВА**  
Уральский федеральный университет имени первого Прези-  
дента России Б.Н. Ельцина (343. 383-24-90),  
ООО "Уральский ключ"

*Рассматривается способ повышения продуктивности работы специалистов компании, основанный на том, что поведение человека определяется не только рациональным, но и инстинктивным началом. Приведена многоуровневая система поощрений, в которой значительную долю составляет нематериальная часть.*

**Ключевые слова:** конкурентоспособность, социальный пакет, эффективность персонала, мотивация.

Chajkov M.Yu., Chajkova A.M.

### MAKING OF FAVOURABLE SURROUNDING FOR PERSONAL OF FIRM – IMPORTANT FACTOR OF INCREASE ITS COMPETITION

*In article the way of increase of efficiency of work of experts of the company, based that the behaviour of the person is defined not only rational, but also is considered by the instinctive beginning. The multilevel system of encouragements in which the significant share is made with a non-material part is resulted.*

**Keywords:** competitiveness, a social package, efficiency of the personnel, motivation.

Признание ценности сотрудников предприятия – один из основных принципов современного менеджмента. Так, японская философия бизнеса через свой самый распространенный и известный метод "кайдзен" провозглашает: сотрудники и их команды – самое важное в деятельности любой фирмы. Именно поэтому в Японии и получила столь широкое распространение система пожизненного найма персонала, а успехи ведущих японских предприятий принято называть исключительными.

Идеи японских менеджеров, естественно, стали внедряться и в других странах – США, Германии, Италии и др. и даже совершенствоваться. Например, Х. Роббинс и М. Финли [1] пишут: "Уильям Эдвард Деминг, американский ученый ... добавил несколько ключевых идей в японский "кайдзен" ... наш знакомый спросил его, чему японцы научили его самого. Деминг ответил: "Люди важны". Примерно то же самое говорят и представители российского "Росатома", на предприятиях которого в настоящее время внедряется близкая к "кайдзен" производственная система: "Люди – самый ценный актив".

Суть сказанного, конечно, не новость. Даже в глубокой древности было известно: чтобы добиться большей отдачи от людей, необходимо создавать им комфортные условия. К примеру, Ганнибал "никогда не считал, что сделал все, чтобы достойно наградить своих людей" [2]. Вероятно, во многом благодаря использованию именно такого приема управления в ходе второй Пунической войны он "за 16 лет ... ни разу не расформировывал свои войска и не отпускал их с позиций ... он удерживал эту огромную армию от бунта ... и от внутренних раздоров, хотя его воины не принадлежали к одной нации и даже к одной расе ... опыт и умение военачальника заставляли людей столь различных подчиняться его и только его воле". Очень образно о значимости роли персонала сказал известный американский мультимиллионер и промышленник Э. Карнеги: "Оставьте мне мои фабрики, но заберите моих людей, и скоро полы заводов зарастут травой. Заберите мои фабрики, но оставьте мне моих людей, и скоро у нас будут новые заводы, гораздо лучше прежних". И, наконец, лаконичный, но емкий тезис "Кадры решают все!" [3].

Таким образом, концептуально все ясно. Работодателю необходимо максимально обеспечить удовлетворение потребностей работников, и тогда они выдают все, на что они способны.

Для лучшего понимания потребностей человека и его мотивационных предпочтений проводились многочисленные исследования и разрабатывались различные теории. Среди самых известных "Иерархия потребностей" А. Маслоу, "Шкала ценностей" М. Рокича, "Классификация потребностей" Г. Мюррея, концепция цепочки "Средство–результат" Дж. Гутмана и Т. Рейнольдса, "Теория ценности потребителя" Шета–Ньюмена–Гросса" [4]. Выводы этих теорий очень интересны и, безусловно, должны использоваться на практике.

В частности, представляется целесообразным следующее определение человека: "Человек – это существо: мыслящее, разумное, рациональное; психологическое; инстинктивное". При этом особое внимание следует обратить на последнее. Дело в том, что инстинктивная составляющая в поведении людей обусловлена их природой: "Инстинкт – это врожденные программы поведения человека" [5]. Они передаются с генами из поколения в поколение, их корректирует естественный отбор: неудачные программы выбрасываются с гибелью особи, удачные размножаются.

Этологи, т.е. специалисты, изучающие инстинктивную составляющую в поведении людей, стремятся найти истоки нашего поведения в образе жизни наших предков и во внешне иных, но, по сути своей, схожих действиях животных, особенно человекообразных обезьян. И они установили, что естественное стремление к экспансии является одним из важнейших элементов инстинктивной составляющей, присущих практически каждому человеку. Это стержень и причина развития в целом. Человеку всегда и всего мало. Примеров тому бесчисленное множество. Так, экспансионистские устремления мужчин реализуются через постоянные карьерные усилия (продвижение по службе), стремление максимально увеличить свое интеллектуальное присутствие в мире (написание книг, статей, музыки, картин и др.), желание получить все большее количество материальных благ (лучший дом, лучший автомобиль, больше денег и др.), коллекционировать марки, значки, книги и т.п. У женщин эти устремления часто реализуются посредством соответствующего воспитания детей. Причем многие из устремлений невозможно объяснить рационально, потому что они есть такая же форма существования людей, как движение есть форма существования материи. Поэтому работодатель должен предоставить каждому сотруднику реальную возможность постоянно продвигаться по служебной лестнице (разумеется, при условии достижения соответствующих результатов в трудовой деятельности). Для этого на предприятии необходимо иметь возможно большее число ступеней (рангов) служебной лестницы. Допустим, 30, из которых первая – рядовой начинающий инженер, а 30-я – генеральный директор.

При получении новой должности у большинства работников увеличиваются самоотдача и результативность работы. Доказательство тому – результаты репрезентативной случайной выборки 200 сотрудников одного из екатеринбургских промышленных предприятий (см. таблицу).

Степень связи признаков, вариации которых носят альтернативный характер, определяется коэффициентами ассоциации ( $K_A$ ) и контингенции ( $K_K$ ), подсчитываемые по известным формулам:  $K_A = \frac{ad - bc}{ad + bc}$  и  $K_K = \frac{ad + bc}{\sqrt{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}}$ , в которых  $a$  – число сотрудников, у которых время их нахождения на работе



| Тенденция изменения времени нахождения на работе сотрудников компании | Сотрудники предприятия, получившие новую должность | Сотрудники предприятия, не получившие новую должность | Всего |
|---|--|---|-------|
| Увеличение на 5 % и более   | 18   | 12  | 30    |
| Не изменилось, уменьшилось или увеличилось менее чем на 5 %           | 3  | 167   | 170   |
| Итого   | 21   | 179   | 200   |

возросло на 5 % и более;  $d$  – число сотрудников, у которых время нахождения на службе не изменилось, уменьшилось или увеличилось менее чем на 5 %;  $b$  – число сотрудников, не получивших новую должность, но увеличивших время нахождения на службе не менее чем на 5 %;  $c$  – число сотрудников, получивших новую должность, но не увеличивших время своего нахождения на службе более чем на 5 %.

Подсчет по этим формулам в нашем случае дает следующие результаты:  $K_A = 0,976 > 0,5$ ;  $K_K = 0,69 > 0,3$ , что доказывает тесноту связи между повышением по службе и увеличением продуктивности работы.

Каждой ступени соответствует определенный уровень вознаграждения, состоящий из двух составляющих – материальной (зароботная плата) и нематериальной (социальный пакет). К слову, система социальных льгот для работников родилась в СССР и других социалистических странах раньше, чем в капиталистических: там социальный пакет в структуре общего вознаграждения появился только в 1950-х годах. Причем появился в крупных корпорациях в связи с возросшей необходимостью привлечения и удержания квалифицированного персонала. Правда, в новой России о ней сначала стали забывать, однако в настоящее время социальные льготы активно внедряются и здесь. Причем "... доля затрат организаций на обеспечение социальных льгот и гарантий возрастает, при этом акценты мотивационных программ для персонала смещаются в сторону повышения ценности нематериального стимулирования как признания достижений и заслуг перед фирмой" [6].

Социальный пакет состоит из двух частей. Первая – закрепленные законодательством льготы и гарантии: оплата больничных листов, предоставление ежегодного оплачиваемого отпуска. Она распространяется на всех сотрудников. Вторая – дополнительные льготы и гарантии для работников отдельных категорий, в зависимости от ступени, на которой работник находится.

Этот пакет крупной фирмы может включать в себя субсидирование питания, оплату членства в фитнес-клубе, сауны, рабочей одежды, привилегированного места на автостоянке, отпускного отдыха, дополнительных дней к отпуску, обучения, проездных билетов, подарков к дням рождения, свадьбам, рождению детей, надбавок к пенсии, медицинских услуг, ссуд на приобретение жилья, мобильного телефона, подписки на периодические издания, скидок на продукцию фирмы, компенсацию за использование на работе личного автомобиля и т.п.

По мнению авторов, этот набор целесообразно дополнить. В частности, при формировании социального пакета работодатель должен учитывать конкретные условия существования своего предприятия в определенный момент времени. Например, если фирма крупная, то она могла бы взять на себя защиту самых достойных своих сотрудников силами и средствами собственной службы безопасности, юридической и других служб. Скажем, разрешать конфликтные ситуации вне территории предприятия (автоаварии и проблемы с родственниками, ребенок попал в дурную компанию, помощь в уходе за престарелым родителем), содействовать решению финансовых вопросов (поручительство для получения кре-

дита) и юридически поддерживать по любым другим вопросам.

Кроме того, очень важно использовать такие инструменты нематериальной мотивации, как помещение фотографий на "Доску почета", вручение грамот, дипломов, публикация информации о лучших сотрудниках в книге по истории фирмы. Дело в том, что в озвучивании своего имени для очень и очень многих заключен определенный смысл жизни, своего рода генетический посыл. Человек приходит в этот мир, чтобы как-то и в чем-то проявить себя, оставить свое имя в памяти членов своей семьи, друзей, коллег по работе, народа, человечества. У каждого в этом плане свой уровень, и, достигнув его, человек выше "поднимает голову", "расправляет плечи", глубже и явственнее ощущает свое "я".

При формировании системы, которая максимально учитывает потребности персонала, необходимо использовать подход "выиграл – выиграл", при котором каждый сотрудник получает больше, т.е. выигрывает, но выигрывает и предприятие (получает больше). Другими словами, выполняется соотношение  $\sum Z_{сп_i} \leq \Delta П$ , где  $\sum Z_{сп_i}$  – суммарные затраты предприятия на формирование социального пакета;  $\Delta П$  – дополнительная прибыль, которую получает предприятие за счет внедрения системы.

При расчете дополнительной прибыли необходимо также учитывать, что благоприятные условия, создаваемые фирмой, во-первых, раскрывают способности людей и вследствие этого повышают эффективность работы сотрудников; во-вторых, способствуют достижению абсолютной лояльности работников к фирме, что может резко сократить издержки, т.е. получить дополнительную прибыль.

В последнее время в российском законодательстве появился такой вид охраны интеллектуальной собственности, как секрет производства ("ноу-хау"). Вследствие ряда причин – таких, как универсальность объекта охраны, оперативность получения статуса охраняемого результата, отсутствие необходимости уплаты государственной пошлины, неограниченность срока охраны. Этот вид охраны результата интеллектуальной деятельности представляется очень перспективным. Но затраты фирмы на мероприятия, которые сохраняют в тайне ее секреты производства, могут быть значительны. Однако они резко сокращаются, если в фирме созданы условия, обеспечивающие лояльность сотрудников.

Итак, для получения базовых конкурентных преимуществ любая фирма должна стремиться к решению двух задач: привлекать на свое предприятие лучшие кадры и обеспечивать наибольшую отдачу от них. И то и другое в значительной степени может быть гарантировано многоступенчатой системой продвижения по службе. Кроме того, высокая степень удовлетворенности от работы в такой фирме создает ей соответствующую репутацию и позволяет без дополнительных усилий привлекать множество специалистов, из которых можно выбрать наиболее квалифицированных и работоспособных.

## Литература

1. Роббинс Х., Финли И. Почему не работают команды. М.: Добрая книга, 2005. – С. 22.
2. Гарольд Лэмб. Ганнибал. Один против Рима. М.: Центрполиграф, 2003. – С. 95.
3. Сталин И.В. Обращение к выпускникам Академии Красной Армии, 4 мая 1935 г.
4. Магура М., Курбатова М. Секреты мотивации. М.: Управление персоналом, 2007. – С. 132.
5. Дольник В. Непослушное дитя биосферы. М.: Педагогика. – Пресс, 1994. – С. 12.
6. Чернова Е., Скитяева И. Социальный пакет: статья расходов или инструмент управления // Журнал управления компанией. 2005. № 12. С. 33.

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНВЕСТИРОВАНИЯ В ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ И ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Д-р экон. наук **Ю.П. ФИЛЯКИН, О.О. ЧУЛКОВА**  
МГМУ "МАМИ" (495. 223-05-35)

*Рассматриваются процесс инвестирования в человеческий капитал и способы расчета эффективности вложений в него.*

**Ключевые слова:** человеческий капитал, инвестирование в человеческий капитал, эффективность.

Filyakin Yu.P., Chulkova O.O.

## INVESTING IN HUMAN CAPITAL AND ITS EFFECTIVENESS

*The process of investing in human capital and methods of calculation the efficiency of investments in it are considered.*

**Keywords:** human capital, investment in human capital efficiency.

Вложения в личность человека, в развитие его навыков и способностей принято называть инвестициями в человеческий капитал. Это могут быть расходы самого человека, государства или предприятия на создание, поддержание и повышение данного капитала, и такому инвестированию присущи некоторые специфические особенности.

К. Макконел и С. Брю определяли инвестиции в человеческий капитал как "любое действие, которое повышает квалификацию и способности и, тем самым, производительность труда рабочих. Затраты, которые способствуют повышению чьей-либо производительности, можно рассматривать как инвестиции, ибо текущие расходы или издержки осуществляются с тем расчетом, что эти затраты будут многократно компенсированы возросшим потоком доходов в будущем". Макконел и Брю выделяли три вида инвестиций в человеческий капитал: расходы на образование (в том числе общее, специальное, затраты на переподготовку кадров); расходы на здравоохранение (в том числе затраты на медицинские услуги, профилактику, улучшение жилищных условий); расходы на мобильность рабочей силы [1].

Что касается структуры человеческого капитала, то, по мнению Г. Беккера, инвестиции в человеческий капитал предполагают затраты на: воспитание детей; получение образования; поддержание здоровья; мобильность, поиск работы, информации о ценах, доходах, заработной плате.

Американский экономист Дж. Кендрик разделял инвестиции в человеческий капитал на вещественные и невещественные. К невещественным относил расходы на общее образование, медицину, мобильность рабочей силы. К вещественным же – расходы на формирование и развитие человека. Дж. Кендрик отмечал особенность невещественных инвестиций в человеческий капитал и говорил, что "несмотря на их неосозаемый характер, эти затраты, умножая знания и опыт людей, способствуют повышению производительности инвестиций и капитала, воплощенных в людях" [2].

Т. Шульц считал, что "среднее образование, обучение на рабочем месте, укрепление здоровья являются инвестиционной деятельностью, которая развивает человеческий капитал" [3].

Таким образом, учитывая все определения сторонников концепции человеческого капитала, можно выделить основные инвестиции в образование и повышение квалификации работников, так как человеческий капитал как производительный ресурс создается в процессе получения образования.

В теории человеческого капитала расходы на образование делятся на прямые (оплата обучения, покупка учебных пособий, учебников) и косвенные ("физиологические" затраты на учебу, сдачу экзаменов, "упущенные" заработки, которые обучающиеся не могут получить в связи с обучением).

В свою очередь, в теории человеческого капитала разделяют подготовку кадров на общую и специальную. Общая подготовка подразумевает создание человеческого капитала, который может быть применен в любой

сфере, а при организации специальной подготовки работники приобретают навыки и умение, которые увеличивают производительный потенциал в конкретной организации. Как правило, специальная подготовка оплачивается организацией, а за общую подготовку человек платит сам.

На рисунке приведена следующая зависимость: так как в период обучения работники получают заработную плату ( $W_0$ ), она превышает предельный продукт в денежном выражении ( $MRP_0$ ), но в связи с тем, что после окончания обучения производительность труда возрастает, работодатель соглашается с вышеуказанными условиями. Руководство организации может выплачивать увеличенную зарплату, чтобы уменьшить текучесть кадров [4].

В связи с тем, что требования к общеобразовательному и профессиональному уровню на сегодняшний день достаточно высокие, возрастают требования и к здоровью индивида [4]. В теории человеческого капитала состояние здоровья рассматривается как капитал, который состоит из двух частей: наследственной и благоприобретенной. Инвестиции, связанные с поддержанием здорового образа жизни, медицинскими услугами, занятиями спортом, замедляют процесс износа данного вида капитала, который со смертью индивида приводит к полному обесцениванию фонда здоровья.

Инвестиции в здравоохранение отличаются от инвестиций в образование тем, что этот вид вложений "способствует восстановлению и поддержанию созидательных способностей человека", а инвестиции в образование "генерируют новый качественный уровень человеческого капитала". Инвестиции в здравоохранение оказывают сильное влияние на человеческий капитал будущего поколения.

Проблема эффективности вложений в человеческий капитал очень актуальна в теории человеческого капитала. Его сторонники отмечают следующую зависимость: чем выше объем и качество человеческого капитала, тем выше его продуктивность. Оценка продуктивности человеческого капитала осуществляется с помощью предельного продукта в денежном выражении. Показатели, которые являются основными при оценке: чистая приведенная стоимость ( $NPV$ ), внутренняя норма доходности ( $IRR$ ), норма отдачи человеческого капитала ( $ROR$ ).

Чистая приведенная стоимость рассчитывается по формуле:

$$NPV = E_0 + \frac{E_1}{1+r} + \frac{E_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{E_n}{(1+r)^n} = 0,$$

где  $E$  – чистый прирост заработка;  $r$  – ставка дисконтирования;  $n$  – число лет, в течение которых индивид получает заработную плату.

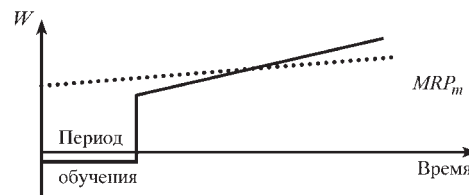
В ходе дальнейшего сравнения косвенных и прямых издержек с выгодой (рис. 2) можно сделать вывод о том, что если общий заработок больше издержек, то образование выгодно.

Расчет внутренней нормы доходности – еще один метод сравнения издержек и выгоды. При условии, что  $IRR$  является ставкой дисконтирования, при которой  $NPV$  обращается в ноль, можно получить такое уравнение:

$$NPV = E_0 + \frac{E_1}{1+IRR} + \frac{E_2}{(1+IRR)^2} + \dots + \frac{E_n}{(1+IRR)^n} = 0.$$

Отсюда вывод: если  $IRR$  выше ставки процента ( $r$ ), то получать образование выгодно.

Рис. 1. Заработная плата и предельный продукт в денежном выражении при специальной подготовке кадров



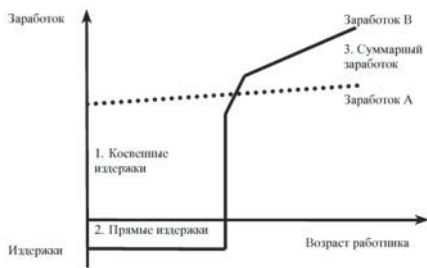


Рис. 2. Сравнение издержек и выгоды

При использовании внутренней нормы доходности и чистой приведенной стоимости можно сделать

несколько выводов: если срок трудоспособной жизни будет более продолжительный, вероятнее всего чистая приведенная стоимость вложений в человеческий капитал будет положительной; чем меньше затраты, тем выше чистая приведенная стоимость; чем больше разница в оплате труда работников, у которых образование разного уровня, тем больше индивидуумов будет инвестировать в образование [5]. Норма отдачи человеческого капитала (*ROR*) рассчитывается как отношение суммарного денежного потока к инвестиционным затратам.

Существует несколько проблем, возникающих при расчете нормы отдачи человеческого капитала. Так, историк экономической мысли М. Блауг считал, что не совсем верно рассматривать все затраты на образование как инвестиции, говоря, что обучение "предполагает как потребительские, так и инвестиционные аспекты", а в связи с тем, что потребление не учитывается при расчете, оценка нормы отдачи будет заниженной [6]. В связи с тем, что в данной модели не имеют значения неденежные составляющие, расчеты также могут быть некорректными. В ходе роста заработной платы существуют элементы, не связанные с образованием, что также влияет на расчет *ROR*, оценка может оказаться завышенной. Если не учитывать при расчете повышенные природные способности человека, которые позволяют ему рациональнее ориентироваться на рынке труда, то оценка может быть завышенной.

Исходя из проблемы, связанной с расчетом *ROR*, может возникнуть вопрос с определением единицы измерения объема капитала. Как правило, специалисты берут в расчет число лет обучения, но этот показатель не является адекватным в связи с существующими колебаниями в качестве

образования, что не учитывается при измерении объема человеческого капитала и его эффективности. Необходимо иметь в виду, что по-прежнему не учитываются в исследованиях отдачи человеческого капитала такие важные факторы, как карьеризм, религия, нравственность.

При оценке эффективности человеческого капитала некоторые авторы выделяют два вида норм отдачи от инвестирования в него: общественную и индивидуальную. Индивидуальная норма предполагает результативность вложений в объем и качество человеческого капитала для индивидуума, а общественная — для общества [5]. Такой показатель, как общественная норма отдачи обосновывает необходимость создания различных общественных фондов.

К. Макконнелл и С. Брю писали о том, что "размер государственных субсидий на систему образования должен определяться на основе величины социальной выгоды" [1], в свою очередь, М. Блауг говорил о том, что "увеличивать инвестиции в человеческий капитал государство должно тогда, когда общественная норма отдачи превышает индивидуальную" [5].

Таким образом, выделим несколько закономерностей в результате сопоставления общественной и индивидуальной норм: индивидуальная всегда выше общественной; обе нормы отдачи в среднее и высшее образование всегда ниже, чем в начальное образование; в развитых странах норма отдачи инвестиций ниже, чем в развивающихся странах.

## Литература

1. Макконнелл К., Брю С. Экономикс: принципы, проблемы и политика. М.: Республика, 1992. Т. 2.
2. Кендрик Дж. Соккупный капитал США и его формирование. М.: Прогресс, 1978.
3. Schultz, Theodore W. Investment in human capital: the role of education and of research. N.Y., 1971.
4. Максимова В.Ф. Инвестирование в человеческий капитал / учебн. пособие. М.: МЭСИ, 2004.
5. Кирьянов А.В. Виды инвестиций в человеческий капитал и их эффективность, [Электронный ресурс]. [http://www.inspp.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=49&Itemid=0](http://www.inspp.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=49&Itemid=0)
6. Блауг М. Методология экономической науки, или как экономисты объясняют, [Электронный ресурс]. [http://www.gumer.info/bibliotek\\_Buks/Econom/blaug2/13.php](http://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Econom/blaug2/13.php)



Компанией ООО ПКФ "Луидор" (г. Балахна) изготовлен пятидесятый автомобиль. Им стал 15-местный автобус "Луидор 225000", разработанный в кооперации со специалистами ГАЗа на базе автомобиля "ГАЗель-Бизнес". Отличительные особенности этого автобуса — высокая пластиковая крыша и распашная дверь в пассажирский салон с заниженной подножкой.

Основной объем произведенных фирмой автомобилей приходится на автобусы для внутригородского маршрутного сообщения. На втором месте автобусы малого класса туристического и междугородного назначения. Меньшая доля приходится на спецавтомобили: скорой медицинской помощи, автолаборатории, грузопассажирские микроавтобусы, ритуальный транспорт, транспорт для перевозки людей с ограниченными фи-

зическими возможностями, дома на колесах и модели по индивидуальным заказам.

\*  
Завод автомобильных прицепов и кузовов "МАЗ-Купава" с февраля 2012 г. оказывает услуги по проведению сертификационных испытаний транспортных средств категорий О, N и M (прицепов, автобусов и автомобилей) для юридических лиц. Сертификационные испытания проводятся в рамках области аккредитации Республики Беларусь и в статусе технической службы E28/K (Статус правил ЕЭК ООН, прилагаемый к Женевскому Соглашению 1958 года). Протоколы испытаний признаются в странах, входящих в Соглашение. По окончании испытаний организация готовит полный пакет документов для получения Одобрения типа транспортного средства и Сертификатов соответствия в органах по сертификации Белоруссии и России.

\*  
ОАО "Северсталь" намерено продолжать и расширять сотрудничество с автопроизводителями, локализованными в России. Череповецкий металлургический комбинат начинает серийные поставки металлопроката для автомобилей марки "Фольксваген", уже получено одобрение на поставки металлопроката для изготовления деталей

шасси, бампера и подвески автомобилей "Поло седан". Кроме того, металлопрокат комбината будет использоваться для производства автомобилей "Тигуан", а также "Шкода" — "Октавия" и "Фабия".

Долгосрочное соглашение на поставки металлопроката подписала "Северсталь" с фирмой "Хендэ", собирающей автомобили "Солярис" и "Киа Рио" на заводе в Санкт-Петербурге. В 2012 г. ЧерМК планирует удвоить поставки автолиста для компании по сравнению с 2011 г.

Также заключено соглашение с компанией "Рено", сборка автомобилей которой производится на московском заводе ОАО "Автофрамос". Причем на сегодняшний день "Северсталь" — единственная российская металлургическая компания, имеющая одобрение "Рено" на поставку оцинкованного проката для производства лицевого металла автомобиля. В прошлом году ей отгружено металлопроката более 2000 т. В частности, автолист ЧерМК используется для производства лицевого и нелицевого металла кузовов автомобилей моделей "Логан" и "Сандеро"; а с середины 2011 г. — также для деталей автомобиля "Дастер". Поставлены пробные партии для производства деталей кузова модели "Флюэнс".







# КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

УДК 621.892.097:629.113/115

## ПРОБЛЕМЫ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МОБИЛЬНЫХ МАШИНАХ

Канд. техн. наук **В.П. ЧМИЛЬ, Ю.В. ЧМИЛЬ**

СПбГАСУ (8.906.227-89-18);

ГУП "Пассажиравтотранс", г. Санкт-Петербург

*Рассмотрена возможность использования водорода в качестве топлива двигателей мобильных машин. Проанализированы достоинства и недостатки работы двигателя на водороде.*

**Ключевые слова:** водород, сжиженный водород, "водородный аккумулятор", воспламеняемость, скорость сгорания, стехиометрическая смесь, термический КПД, степень сжатия, катализатор, криогенная система, температура рабочей смеси, водородные топливные элементы, октановое число, теплотворность горючей смеси, температура самовоспламенения, температура горения.

**Chmil V.P., Chmil Yu.V.**

### THE PROBLEMS OF HYDROGEN ENERGY AND ITS POTENTIAL USE IN MOBILE MACHINES

*The possibility of using hydrogen as fuel engine of mobile machines. The advantages and disadvantages of the engine on hydrogen are analyzed.*

**Keywords:** hydrogen, liquefied hydrogen, electrolysis, flammability, combustion velocity, stoichiometric mixture, thermal efficiency, the catalyst, the cryogenic system, the temperature of working fluid, hydrogen fuel cells, the octane number, heating value of fuel-air mixture, ignition temperature, combustion temperature.

Одним из перспективных направлений развития энергетических мобильных машин будущего считается, как известно, водородная энергетика. Однако для ее массового использования необходимо решить ряд проблем. В том числе такие, как разработка экономически выгодных новых и усовершенствование существующих методов получения водорода из воды и минерального сырья (угля, например) его транспортирование, хранение и распределение в газообразном, жидком и связанном (гидриды) состояниях; применение его и топлив на его основе в двигателях мобильных машин. Кроме того, каждая из этих проблем связана с решением вопросов техники безопасности, технологии материалов, охраны окружающей среды и многого другого. А до всего этого, к сожалению, еще очень далеко.

Так, в настоящее время водород, в принципе, выгоднее всего получить из природного газа, нефти или угля. Потому что в качестве технологических процессов используются хорошо отработанные методы каталитической паровой или парокислородной конверсии, высокотемпературные электролиз и термохимический способ, а также их комбинации. Однако технико-экономические исследования, выполненные многими учеными, показали, что стоимость получения водорода переработкой угля значительно превышает стоимость при переработке природного газа. Поэтому уголь пока что рассматривается как резервное сырье.

Электролиз воды — еще более освоенный метод производства водорода. Причем водорода исключительно, число, но он и самый дорогой. Несколько дешевле будут обходиться, по всей видимости, методы биохимического, с помощью бактерий, его получения из воды в том числе из воды морской. Однако они пока еще находятся в начальной стадии разработки.

Таким образом, самым реальным из источников водорода, используемого в качестве моторного топлива, пока что следует считать природный газ. Он сравнительно дешевый, а его запасы — большие. Кроме того, процессы его переработки хорошо освоены. Тем более что процессы хранения, транспортировки и распределения газообразного водорода во многом аналогичны таковым для природного газа: здесь тоже вполне пригодны стационарные газобаллонные системы хранения водорода под давлением 20...30 МПа (200...300 кгс/см<sup>2</sup>). Но и недостатки при хранении водорода те же, что и при хранении любых других сжатых газов: большая масса емкостей для хранения, небольшой запас хода автотранспортных средств и необходимость повышенных мер безопасности.

Водород, конечно, можно хранить так же, как и нефтяные газы — в сжиженном состоянии. Но только при очень низкой (–253 °С) температуре, что требует высокой степени теплоизоляции топливного бака. Кроме того, во время работы двигателя электрический испаритель поддерживает в баке требуемое давление, т.е. создает остаточную теплоту, что заставляет водород выходить наружу через предохранительный клапан. А это потери при неработающем двигателе. Причем значительные — до 2 % в сутки.

Более экономичным с этой точки зрения способом хранения водорода считается способ, при котором в емкости, предназначенные для хранения, помещают специально подобранные интерметаллические соединения (сплавы) некоторых металлов, способные при определенных условиях (давлениях и температурах) поглощать его, превращаясь при этом в гидрид, а при других — высвобождать его. Причем делать это многократно и вне зависимости от формы, которая придана данному соединению. Очень важно и то, что такой "водородный аккумулятор" безопасен, а водород из него не испаряется.

Вариантами данного способа можно считать хранение водорода в таких химических соединениях, как  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$  и др.

Предложен и комбинированный способ хранения водорода, при котором основная его часть находится в жидком виде, а испарившаяся его часть поглощается гидридным патроном.

В последнее время все чаще говорят об еще одном способе получения водорода — непосредственно на борту автомобиля из метанола. Его суть довольно проста. Топливный бак автомобиля наполняют метанолом. Отсюда он попадает в химический реактор, где испаряется и в присутствии катализатора реагирует с водяным паром, выделяя водород и двуокис углерода.

Как видим, реальными для массового практического применения в настоящее время фактически пригодны лишь две системы — в сжатом состоянии и в гидридах.

Переводом автомобильных и других тепловых двигателей на водород или их частичным питанием водородом ученые технически развитых стран занимаются многие десятилетия. Так, еще в 1841 г. в Англии был выдан патент на двигатель, работающий на смеси водорода с кислородом. В СССР в предвоенные годы В.И. Сороко-Новицкий, Ф.Б. Перельман, Е.К. Корси и другие исследователи испытывали ДВС, работающие на водороде и с его добавлением, а сразу после войны в ла-

боратории Е.А. Чудакова был испытан одноцилиндровый двигатель с переменной степенью сжатия, работающий на водороде. Более того, в 1968 г. в Институте механики АН СССР была проведена конвертация автомобиля на водород при работе на частичных нагрузках.

Несколько позже к этой теме обратились и специалисты других стран. Например, с начала 1970-х годов комплексные научно-исследовательские работы по использованию водорода для тепловых двигателей (и прежде всего двигателей автомобильных) стали проводить и в США. Почему — очевидно. Водород, если его сравнивать с другими видами автомобильных топлив, обладает рядом преимуществ. Так, у него очень высокая (28 620 ккал/кг) теплотворная способность; хорошая воспламеняемость водородовоздушной смеси в широком диапазоне температур, что обеспечивает двигателю прекрасные пусковые свойства при любых реально возможных температурах атмосферного воздуха; образующиеся при его сгорании отработавшие газы не содержат вредных веществ; его высокая антидетонационная стойкость допускает работу двигателя при степени сжатия, равной 14. Кроме того, скорость его сгорания в случае стехиометрической водородовоздушной смеси оказывается в 4 раза выше скорости сгорания смеси бензовоздушной, обеспечивая лучшую полноту ее сгорания, и дает в среднем на 20...25 % более высокий термический КПД, чем при традиционном топливе; у него очень широкий диапазон воспламенения по коэффициенту избытка воздуха: нижняя граница воспламеняемости составляет 4 % содержания водорода в воздухе, верхняя — 75 %.

Столь широкий диапазон воспламеняемости делает возможным осуществление качественного регулирования смесеобразования в двигателе путем изменения количества подаваемой смеси определенного состава. Более того, водород позволяет отказаться от дросселирования потока воздуха на впуске и тем самым увеличить термический КПД двигателя на режимах частичных нагрузок. Это особенно ярко проявляется на быстроходных двигателях с неразделенной камерой сгорания и внутренним смесеобразованием: на таком двигателе подачу водорода лучше всего начинать в конце такта сжатия, т.е. в момент, самый выгодный с точки зрения индикаторной диаграммы. Причем так, чтобы его струя попадала на электроды свечи зажигания. (Это можно осуществить, к примеру, через отверстие в самой свече.) Чтобы избежать чрезмерного роста температуры в камере сгорания, можно применить катализаторы (этилнитрат, амилнитрит и др.), которые не только снижают эту температуру, но и повышают скорость горения водородовоздушной смеси, а также снижают период задержки воспламенения смеси со всеми вытекающими отсюда положительными последствиями для рабочего процесса ДВС. Существуют твердые катализаторы, снижающие температуру воспламенения водородовоздушной смеси, которыми можно покрывать внутреннюю поверхность камеры сгорания. К ним относятся: никель, молибден, окись марганца, окись титана.

Для реализации преимуществ водорода как автомобильного топлива, прежде всего для получения той же мощности, что и при работе на бензине, конструкцию ДВС, конечно, приходится несколько изменить. В частности, несколько увеличивать рабочий объем цилиндров и степень сжатия; предусмотреть меры, предотвращающие возможность обратных вспышек и, учитывая большую скорость распространения пламени, возможность детонации; уменьшить угол опережения зажигания, но так, чтобы полное сгорание смеси имело место в ВМТ; изменить систему топливопитания и т.п.

Все перечисленное вполне по силам современным технологиям. Хуже другое: наука пока что так и не выбрала предпочтительного агрегатного состояния водорода, в котором его надо заправлять в топливный бак автомобиля. Моторостроительным фирмам и потребителям ясно, что для газообразного водорода потребуются довольно значительные по объему емкости, его способность проникать через малейшие неплотности, а также опасная концентрация в воздухе в объемном соотношении 2:1 (так называемый гремучий газ) — не лучшее, по сравнению с бензином, решение. Поэтому практики считают, что баллонные системы хранения водорода можно считать целесообразным лишь при использовании водорода в качестве присадки к бензину.

Не лучше дело обстоит и со сжиженным водородом: известные криогенные системы много сложнее и дороже баллонных, а правила их эксплуатации могут оказаться не приемлемыми для потребителя.

И гибридные наполнители тоже довольно сложны как в изготовлении, так и в эксплуатации. Ведь они не состоят из цельного металла, а больше напоминают губку с множеством каналов — для скорейшего поглощения и выделения водорода. Причем для них необходима система нагрева гидридов. Кроме того, их емкость тоже невелика. К тому же гидридные системы из-за значительной тепловой инерции реакторов мало приспособлены к работе с переменными расходами водорода.

Есть и отрицательные последствия работы на водороде и для двигателей. Это преждевременные вспышки, резкие колебания давления в цилиндре при сгорании, жесткий ход и детонация.

Таким образом, несмотря на активное развитие водородных систем питания двигателя, они пока что уступают по массе, габаритным размерам, эффективности и стоимости бензиновой и дизельной системам. Поэтому одним из направлений разработок является не чисто водородный двигатель, а двигатель, работающий на бензине с присадкой водорода. При этом могут быть использованы и оказаться выгодными существующие баллоны или водород можно получать непосредственно на автомобиле путем термokatалитической переработки части расходуемого бензина. Ведь доказано: при добавке 10 % водорода автономность автомобиля сохраняется такой же, как и при работе только на бензине, в этом случае потребуются на борту легкового автомобиля малого класса 0,8...1 кг, а на борту автомобиля среднего класса — 1,2...1,8 кг водорода. Что, очевидно, особых трудностей не представляет. Однако даже у этого варианта появился и набирает силу довольно перспективный, по общему мнению, конкурент — водородные топливные элементы. То есть устройства, генерирующие электроэнергию непосредственно на борту транспортного средства за счет процесса обратного электролиза — реакции водорода и кислорода, в ходе которой образуется вода и электрический ток. Причем в качестве водородо-содержащего топлива, как правило, здесь используется либо сжатый водород, либо метанол. Главное же, что этим направлением не только заинтересовались, но по нему начали работать достаточно много зарубежных автомобилестроительных фирм. И если им в итоге удастся приблизить стоимость автомобилей на топливных элементах к бензиновым, то это станет реальной альтернативой традиционным нефтяным топливам в странах, импортирующих нефть.



## СПОСОБ СОВМЕСТНОЙ ПОДАЧИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ И ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Д-р техн. наук **М.Г. ШАТРОВ**, кандидаты техн. наук  
**В.И. МАЛЬЧУК** и **А.Ю. ДУНИН**, **А.А. ЕЗЖЕВ**  
МАДИ (ГТУ) (499. 155-03-61)

*Рассмотрен способ совместной подачи дизельного топлива и растительных масел, который подразумевает подачу обоих топлив через одну форсунку в виде смеси.*

**Ключевые слова:** способ совместной подачи дизельного топлива и растительных масел.

Shatrov M.G., Malchuk V.I., Dunin A.Yu., Ezhev A.A.

METHOD OF COMBINED INJECTION OF VEGETABLE OIL AND DIESEL FUEL

*The method of biodiesel fuel injection, which consist of the injection vegetable oil and diesel fuel like a mixture through the holes of atomizer are considered.*

**Keywords:** method of biodiesel fuel injection.

Из сравнения физико-химических свойств растительных масел и их эфиров со свойствами дизельного топлива следует, что, во-первых, цетановое число дизельного топлива и растительных масел сопоставимо по величине; во-вторых, растительные масла имеют примерно на порядок большую вязкость, чем дизельное топливо; в-третьих, вязкость эфиров растительных масел значительно ниже, чем у самих масел; в-четвертых, растительные масла содержат кислород. В связи с этим наиболее приемлемый способ применения растительных масел в дизеле — их смесь с традиционными топливами нефтяного происхождения.

Практика подтверждает этот вывод. Специалистами МГТУ им. Н.Э. Баумана экспериментально показано [1] положительное влияние смесей растительных масел с дизельным топливом на топливную экономичность и токсичность отработавших газов дизелей. Установлено, что токсичность отработавших газов зависит от массовой доли растительного масла в смеси с дизельным топливом. Например, требования стандарта "Евро-2" могут быть обеспечены при массовой доле  $K_n$  рапсового масла, равной 45...60 %. Правда, пусковые качества дизеля при этом ухудшаются.

В своих исследованиях в области применения топлив на основе растительных масел для питания дизелей авторы статьи исходили из следующих соображений.

Первое. Поскольку растительные масла содержат кислород, то можно ожидать, что при нагрузках, близких к максимальной, когда обеспечивается достаточное мелкое распыливание топлива при максимальных температурах рабочего цикла и минимальных значениях коэффициента избытка воздуха, растительные масла лучше всего подавать в конечной фазе впрыскивания.

Второе. Высокая вязкость растительных масел должна ухудшать мелкость распыливания топлива, которая, как известно, значимо влияет на его испарение, образование топливовоздушной смеси, динамику процесса сгорания и, в конечном счете, на токсич-

ность отработавших газов дизеля. Поэтому можно предположить, что на отдельных режимах частичных нагрузок, когда наблюдается повышенная динамика процесса сгорания, подачу растительных масел в камеру сгорания целесообразно осуществлять с некоторым опережением, по сравнению с подачей дизельного топлива.

Третье. Подача менее вязкого топлива в конечной фазе впрыскивания должна создавать условие для снижения дымности отработавших газов.

Возможны различные способы получения и подачи смеси топлив в камеру сгорания дизеля. Наиболее эффективными можно считать системы, в которых подача смеси осуществляется двумя насосами высокого давления к общей форсунке. Именно такая система подачи смесового топлива (СПСТ) и была разработана и исследована в МАДИ.

Принципиальная особенность форсунки СПСТ — наличие двух каналов для подачи топлив (компонентов смеси) к полости смешения  $V_{ф см}$  (рис. 1), расположенной у основания запирающей кромки иглы распылителя (А.С. № 1530801 СССР; Пат. № 2029128 РФ).

Испытания этой системы показали, что она располагает большими возможностями с точки зрения формирования требуемых характеристик впрыскивания массового состава смеси и реализации зонального смесеобразования [2], предусматривающего рациональное распределение компонентов смеси по зонам камеры сгорания [3].

СПСТ включает форсунки 4 с двумя парами каналов (по одной на каждый цилиндр дизеля), традиционный ТНВД 2 для подвода основного топлива по каналам 3 и 5 из бака 1 и аппаратуру 13 аккумуляторного типа, обеспечивающую заданное и регулируемое давление  $p_a$  и подвод второго компонента смеси по каналам 6 и 8. Смешиваются эти топлива в полости  $V_{ф см}$ , расположенной у основания конуса иглы 9.

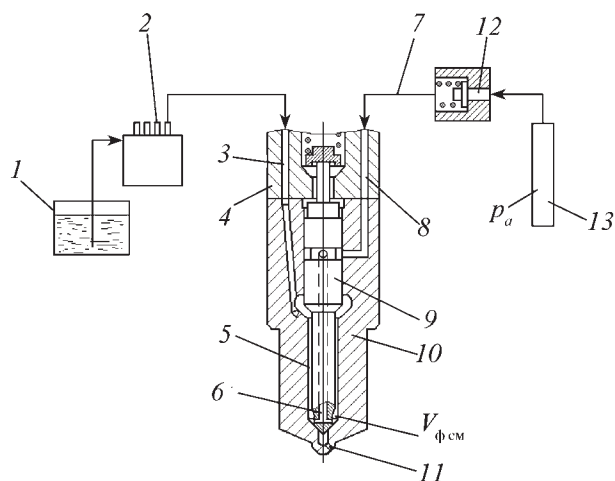


Рис. 1. Система подачи смесового топлива в камеру сгорания дизеля:

1 — топливный бак; 2 — ТНВД; 3 и 5 — каналы подачи основного топлива; 4 — форсунка; 6 и 8 — каналы подачи присадки; 7 — трубопровод; 9 — игла форсунки; 10 — корпус форсунки; 11 — распылитель форсунки; 12 — обратный клапан; 13 — аккумулятор давления

В работе рассматриваемой системы можно выделить два периода. Первый: подача присадки к полости  $V_{ф.см}$  системой аккумуляторного типа под действием перепада давления между давлением  $p_a$  и остаточным давлением в форсунке. Второй: подача основного топлива (смесь 80 % дизельного топлива и 20 % рапсового масла) к полости  $V_{ф.см}$  с помощью ТНВД и подача образовавшейся смеси в камеру сгорания дизеля через распыливающие отверстия 11.

Система, кроме того, позволяет изменять массовый состав смеси в процессе впрыскивания, что стало возможным благодаря реализации способа, разработанного в МАДИ (Пат. № 2204048 РФ).

Этот способ предусматривает введение элементов электронного управления регулируемыми и конструктивными параметрами системы подачи присадки, в частности, давлением  $p_a$ , а также объемом в штуцере обратного клапана 12 топливопровода 7. Кроме того, СПСТ способна обеспечить подачу одного топлива с полным отключением подачи второго и изменение массового состава цикловой подачи в зависимости от режима работы дизеля (за счет изменения величины  $p_a$ ).

Рассмотрим полученные в ходе исследований результаты оценки влияния характеристики массового состава смеси дизельного топлива и растительного (рапсового) масла на показатели дизеля. Опыты проводились на дизеле производства Владимирского тракторного завода (ВТЗ) модели Д-120 (2Ч 10,5/12), который имеет полусферическую камеру сгорания в днище поршня, степень сжатия  $\varepsilon = 16,5$ , рабочий объем  $iV_h = 2,08$  л, номинальную частоту вращения коленчатого вала  $n_{ном} = 1800$  мин<sup>-1</sup>.

Система подачи растительного масла, входящая в СПСТ, была укомплектована штатным ТНВД мод. 2УТНИ-1111005-15 и опытными форсунками Ногинского завода топливной аппаратуры, отрегулированными на давление начала страгивания иглы распылителя, равное 17,5 МПа. Основные ее геометрические и регулировочные параметры были подобраны так, что основное масло подавалось в конечной фазе впрыскивания. Давление  $p_a$  в аккумуляторе 13 составляло 2,5 МПа.

Программа работ включала оценку серии нагрузочных характеристик дизеля при его работе на дизельном топливе и его смесях с рапсовым маслом. Все характеристики снимались при частоте  $n$  вращения коленчатого вала, равной 1400 мин<sup>-1</sup>. Выбор такого скоростного режима был не случайным, а основывался на опыте МАДИ по испытанию двигателей ВТЗ и признан одним из самых тяжелых по выбросам токсичных веществ с отработавшими газами.

Каждая из характеристик снималась при установочных углах  $\varphi_{о.вп}$  опережения впрыскивания 20, 24 и 28° п.к.в. до ВМТ. При работе дизеля на чистом дизельном топливе установочный угол опережения впрыскивания  $\varphi_{о.вп} = 28^\circ$  п.к.в. до ВМТ обеспечивает минимальный удельный эффективный расход топлива. Однако опыты показали, что при  $\varphi_{о.вп} = 24$  и 28° п.к.в. до ВМТ содержание оксидов азота и сажи в от-

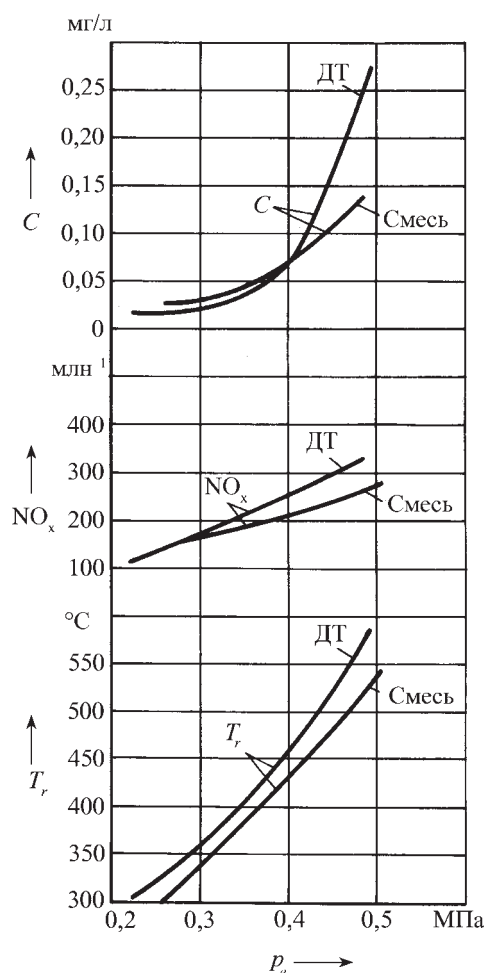


Рис. 2. Нагрузочные характеристики дизеля Д-120 при его работе на чистом дизельном топливе и на его смеси с рапсовым маслом ( $n = 1400$  мин<sup>-1</sup>;  $\varphi_{о.вп} = 20^\circ$  п.к.в. до ВМТ)

работавших газах значительно превышают нормы "Евро-4".

На рис. 2 показано сравнение нагрузочных характеристик, снятых на чисто дизельном топливе (ДТ), с характеристиками, полученными при совместной подаче смеси рапсового масла и дизельного топлива,  $\varphi_{о.вп} = 20^\circ$  п.к.в. до ВМТ.

Из рисунка следует, что на рассматриваемом режиме СПСТ, обеспечивающая нарастающую подачу массовой доли рапсового масла в смеси в процессе впрыскивания, при  $p_e > 0,42$  МПа дает возможность значительно уменьшить содержание сажи в отработавших газах дизеля. Так, при  $p_e = 0,5$  МПа ее выброс, в сравнении с традиционным способом подачи дизельного топлива, уменьшился в 1,8 раза. При этом наблюдалось и снижение выброса оксидов азота на 18 %.

На частичных режимах работы подача растительных масел, как отмечалось многими исследованиями, приводит даже к отрицательным результатам. Однако в рассматриваемом случае (см. рис. 2) этого не наблюдалось, что объясняется следующим.

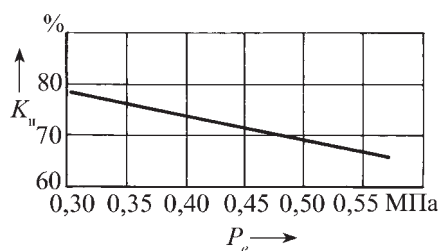


Рис. 3. Массовая доля присадки (дизельного топлива) в смеси при работе дизеля Д-120 по нагрузочной характеристике ( $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_a = 2,5 \text{ МПа}$ )

В СПСТ уменьшение нагрузки сопровождается увеличением подачи присадки (дизельного топлива) в камеру сгорания. Например, при  $p_e < 0,35 \text{ МПа}$  массовая доля  $K_p$  дизельного топлива, поданного в качестве присадки, составляла  $\sim 80 \%$  (рис. 3), а при  $p_e = 0,55 \text{ МПа}$  —  $67 \%$ .

УДК 629.13

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ

Д-р техн. наук **М.И. ФИЛАТОВ, В.В. ТРУНОВ**  
Оренбургский ГУ,  
Бузулукский ГТИ (филиал) (8.922. 888-40-22)

*Приводится анализ температурного режима работы ДВС, а на основании зависимостей течения воздуха и жидкости, теплотехнических характеристик радиатора, объема воздуха, необходимого для эффективного охлаждения, и максимально возможной пропускной способности проходного сечения решетки радиатора устанавливается величина необходимой площади его сечения.*

**Ключевые слова:** температурный режим, двигатель внутреннего сгорания, объем воздуха, проходное сечение, охлаждающая жидкость.

Filatov M.I., Trunov V.V.

### THEORETIC JUSTIFICATION OF A NECESSITY TO REGULATE TEMPERATURE DRIVE OF ENGINE OPERATION

*Analysis of the temperature drive of explosion engine operation is considered and on the basis of dependences of air and liquid flows, thermotechnical radiator characteristics, necessary air volume for efficient cooling of the engine and maximal through-put of flow area of the radiator enclosure the value of the necessary square of the area should be made.*

**Keywords:** temperature drive, explosion engine, air volume, square of flow area, cooling liquid.

Во время работы двигателя его температурный режим должен быть установившимся, он не должен ни переохлаждаться, ни перегреваться. В противном случае резко возрастают темп изнашивания его деталей и расхода топлива [1], возникает деформация деталей и т.д.

Чтобы избежать всего этого, ДВС оснащают системой охлаждения, которая не допускает перегрева путем принудительной циркуляции воздуха через радиатор и изменения объема жидкости, проходящей через него. Другими словами, задача системы охлаждения — обеспечить [2] постоянство количества  $Q_p$  теплоты, поступившей в нее от двигателя, ее количеству  $Q_p$ , отданному окружающей среде за тот же период времени (формула № 1 в таблице). Однако следует иметь в виду, что эта формула будет верна только в случае, когда двигатель прогрет до рабочей температуры и большая часть теплоты, которая продолжает выде-

Как видно из полученных результатов, созданная в МАДИ СПСТ доказала свою эффективность. Тем не менее полная реализации ее возможностей по улучшению экологических показателей дизелей возможна при рациональном подборе топлив, регулировочных параметров дизеля и его топливной системы.

### Литература

- Ивашенко Н.А. Оптимизация состава смесового биотоплива для транспортного дизеля / Н.А. Ивашенко, В.А. Марков, А.А. Ефанов и др. // Безопасность в техносфере. 2007. № 5. С. 22–25.
- Луканин В.Н. Концепция зонального смесеобразования и методы ее реализации в многотопливном дизеле / В.Н. Луканин, В.И. Мальчук // Совершенствование рабочих процессов и конструкций автомобильных и тракторных двигателей / Сб. науч. тр. МАДИ. М., 1989. С. 5–12.
- Мальчук В.И. Концепция организации подачи и распыливания альтернативных топлив в быстроходных дизелях нового поколения / В.И. Мальчук // Вестник МАДИ (ГТУ). 2005. Вып. 4. С. 11–18.

ляться при сгорании топлива, немедленно отводится системой охлаждения, а оставшаяся часть обеспечивает работу двигателя в оптимальном температурном диапазоне. Значит, во время прогрева вся теплота должна накапливаться двигателем, его системами и деталями, а после прогрева излишняя ее часть отдаваться в окружающую среду. Это соотношение в современных двигателях регулирует термостат, который увеличивает или уменьшает подачу жидкости в радиатор.

Устойчивость теплового режима двигателя характеризуется фактором  $F_t$  устойчивости, который определяется по формуле № 2: если  $F_t > 0$ , то режим работы устойчив, а если  $F_t \leq 0$ , то — неустойчив.

Исходя из этого, можно утверждать, что, во-первых, при установившихся режимах работы двигателя, высоких температурах окружающей среды, когда скорость отвода теплоты от радиатора невелика, и малых скоростях движения, когда объем проходящего через радиатор воздуха мал, вентилятор системы охлаждения должен работать на режиме максимальной производительности — с тем, чтобы сохранить тепловой режим двигателя установившимся; во-вторых, при низких температурах окружающей среды, когда скорость отвода теплоты от радиатора возрастает, и высоких скоростях движения, когда объем воздуха, проходящего через радиатор, велик, большая часть жидкости должна двигаться по "малому кругу", и радиатору достаточно небольшого объема воздуха, что бы ее охладить.

Однако двигатель работает не только на установившемся тепловом режиме. Иначе говоря, в его работе присутствует параметр, зависящий от времени  $t$ . В этом случае температура охлаждающей жидкости описывается формулой № 3, а признаком установившегося теплового режима является отсутствие изменения скорости температуры  $\frac{dT}{dt}$

(формула № 4), т.е. его работа соответствует формуле № 1.

Таковы общие закономерности. Их реализацию рассмотрим на примере системы охлаждения двигателя легкового автомобиля (см. рисунок).

Пусть в некотором поперечном сечении элементарной струйки воздушного потока на входе в радиатор скорость равна  $v$ . За время  $dt$  частицы переместятся на расстояние  $d\omega$  (формула № 5). Очевидно, что следующие за ними частицы сразу же заполнят все освобожденное пространство, и поэтому через поперечное сечение  $dS$  за время  $dt$  пройдет объем  $dW$  воздуха (формула № 6).



| № формулы | Формула  | Примечание  |
|-----------|--|---|
| 1         | $Q_n - Q_p = 0$  | —   |
| 2         | $F_i = \frac{\partial Q_p}{\partial T} - \frac{\partial Q_n}{\partial T}$                                  | $T$ – температура   |
| 3         | $C \frac{dT}{dt} = Q_n - Q_p$  | $C$ – теплоемкость системы охлаждения двигателя   |
| 4         | $\frac{dT}{dt} = 0$  | —   |
| 5         | $d\omega = v dt$   | $v$ – скорость элементарной струйки воздушного потока на входе в радиатор                                     |
| 6         | $dW = d\omega dS = v dS dt$  | $S$ – площадь поперечного сечения   |
| 7         | $dQ = v dS$  | —   |
| 8         | $Q = \int dQ = \int_S v dS$  | —   |
| 9         | $v_{cp} = \frac{\int v dS}{S} = \frac{Q}{S}$   | —   |
| 10        | $Q = v_{cp} S$   | —   |
| 11        | $Q = v S = const$  | —   |
| 12        | $Q^p = \rho v_{cp} S$  | $\rho$ – плотность воздуха  |
| 13        | $Q^p = \rho v_{cp} S = const$  | —   |
| 14        | $Q^p = \rho v_a S$   | $v_a$ – скорость автомобиля   |
| 15        | $G'_b = \frac{Q_p}{c_b (T_{вых}^b - T_{вх}^b)}$  | $c_b$ – теплоемкость воздуха; $T_{вых}^b, T_{вх}^b$ – температура воздуха после и до радиатора соответственно |
| 16        | $Q^p = G'_b$   | —   |
| 17        | $\rho v S = \frac{Q_p}{c_b (T_{вых}^b - T_{вх}^b)}$  | —   |
| 18        | $S_{min} = \frac{Q_p}{\rho v_a c_b (T_{вых}^b - T_{вх}^b)}$  | —   |
| 19        | $F = \frac{Q_p}{K (T_{cp}^ж - T_{cp}^b)}$  | $K$ – коэффициент теплопередачи радиатора   |
| 20        | $T_{cp}^ж = \frac{T_{вх}^ж + T_{вых}^ж}{2}; T_{cp}^b = \frac{T_{вх}^b + T_{вых}^b}{2}$                     | —   |
| 21        | $Q_p = F K (T_{cp}^ж - T_{cp}^b)$  | —   |
| 22        | $S_{min} = \frac{F K (T_{cp}^ж - T_{cp}^b)}{\rho v_a c_b (T_{вых}^b - T_{вх}^b)}$                          | —   |
| 23        | $S_{min} = \frac{F K K_T}{\rho v_a c_b} \left( \frac{T_{cp}^ж - T_{cp}^b}{T_{вых}^b - T_{вх}^b} \right)^n$ | —   |

Объем воздуха, протекающего через сечение за единицу времени, называют объемным расходом. Если его в случае элементарной струйки потока обозначить через  $dQ$ , то получается формула № 7.

Общий объем  $Q$  воздуха, протекающего через площадь  $S$ , представляет собой сумму объемов элементарных струек. Значит, при достаточно большом числе элементарных струек в потоке для него можно записать формулу № 8.

Скорость воздуха в различных точках поперечного сечения потока (местная скорость) по всей площади  $S$  может быть неодинаковой, поэтому для характеристики движения всего потока обычно рассматривается не местная, а средняя по всему сечению скорость  $v_{cp}$  (формула № 9), из которой следует, что расход  $Q$  потока воздуха равен средней скорости, умноженной на площадь его поперечного сечения (формула № 10). Отсюда условие неразрывности течения потока по направлению его движения можно записать в виде формулы № 11.

Однако это только для несжимаемой (идеальной) жидкости. Мы же имеем дело с жидкостью газообразной (воздух). Для нее массовый расход  $Q^p$  дает формула № 12, а условие неразрывности потока приобретает вид формулы № 13. (Эту формулу называют уравнением расхода.)

На рисунке общая площадь проходного сечения, предназначенного для охлаждения радиатора воздухом, обозначена через  $S$ , а через  $v_{cp}$  – средняя скорость потока, поступающего в подкапотное пространство. Теперь предположим, что автомобиль движется при полном штиле, т.е. скорость  $v_{cp}$  воздушного потока равна скорости его движения ( $v_{cp} = v_a$ ). Тогда количество  $Q^p$  воздуха, проходящего через радиатор, дает формула № 14. Но, с другой стороны, количество воздуха, необходимое для своевременного отвода теплоты в окружающую среду и охлаждения двигателя, определяется формулой № 15 [3]. Откуда получаем формулу № 16. Или, что то же самое, формулу № 17, из которой легко определить минимальную и достаточную для эффективного охлаждения двигателя площадь  $S_{min}$  проходного сечения (формула № 18).

Площадь же  $F$  поверхности охлаждения радиатора дает формула № 19, в которую, как видим, входят средняя температура  $T_{cp}^ж$  жидкости в радиаторе и средняя температура воздуха  $T_{cp}^b$ , проходящего через радиатор. Определяются они по формулам № 20.

Из формулы № 19 находим значение  $Q_p$  (формула № 21), подставив которое в формулу № 18, получаем формулу № 22, т.е. зависимость, устанавливающую связь между площадью  $S$  проходного сечения и площадью  $F$  радиатора, скоростью  $v_a$  движения автомобиля, а также температурными параметрами системы охлаждения

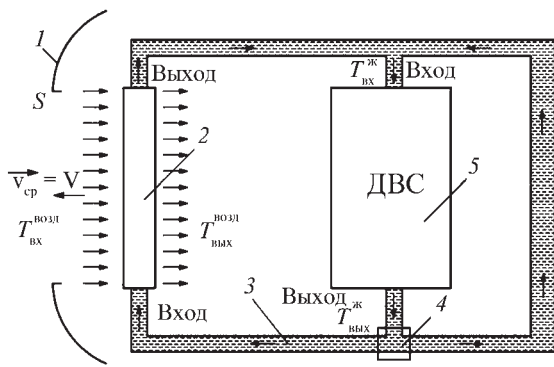


Схема работы и основные параметры системы охлаждения двигателя легкового автомобиля:

1 – передняя часть автомобиля; 2 – радиатор; 3 – трубопровод системы охлаждения; 4 – термостат; 5 – двигатель

и окружающей среды. При этом отношение разностей температур описывает условия работы двигателя – нагрузку, режим работы и т.д.

Двигатели различных производителей отличаются оптимальными температурными режимами работы и величинами оценочных показателей эффективности функционирования систем охлаждения, поэтому в формулу № 22 необходимо ввести коэффициент  $K_r$ , который позволял бы

корректировать данную зависимость и применять ее к температурным режимам различных двигателей. Учитывая также, что площадь проходного сечения должна увеличиваться при росте разности температур воздуха на входе и выходе из радиатора и уменьшаться при повышении разности средних температур охлаждающей жидкости и воздуха, нужен и второй поправочный коэффициент – показатель  $n$  степени, с помощью которого можно учесть зависимость площади проходного сечения от температур окружающего воздуха и охлаждающей жидкости. Тогда формула № 12 примет вид формулы № 23, которая, очевидно, применима только при  $v_a > 0$ . Если же температурный режим неустановившийся и двигатель переохлажден и/или  $v_a = 0$ , то  $S$  должна быть минимальна, а если двигатель перегрет, то  $S$  максимальна.

## Литература

1. Эртман С.А. Приспособленность автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей: дис. ... канд. техн. наук. Тюмень, 2004. 180 с.
2. Крутов В.И. Автоматическое регулирование и управление двигателями внутреннего сгорания / Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Двигатели внутреннего сгорания". 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1989. 416 с. ISBN 5-217-00341-3.
3. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. 4-е изд. М.: Высш. шк., 2008. ISBN 978-5-06-003828-6.

УДК 629.621.311

## АВТОМОБИЛЬНЫЙ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫЙ СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОР

Кандидаты техн. наук П.Н. КЛЮКИН и НГУЕН КУАНГ  
ТХИЕУ, В.В. МАРКОВ  
МГМУ "МАМИ" (495. 223-05-23)

*Рассмотрены индукторные стартер-генераторы, позволяющие повысить технико-экономические показатели автомобилей.*

**Ключевые слова:** стартер-генератор, вентильно-индукторная машина.

Klyukin P.N., Nguyen Quang Thieu, Markov V.V.

### AUTOMOBILE SWITCHED RELUCTANCE STARTER-GENERATOR

*The starter-generators, allowing increasing the technical and economic performance of cars, are shown.*

**Keywords:** starter-generator, switched reluctance motor.

Необходимость значительного увеличения мощности автомобильных генераторов – реальность, и решение этой технической задачи известно: объединение стартера и генератора в одной электрической машине.

Такой стартер-генератор, в принципе, может быть спроектирован на основе асинхронной или синхронной машины с постоянными магнитами, а также вентильно-индукторной машины [1, 2]. Причем асинхронная машина с короткозамкнутым ротором наиболее простая по конструкции, обладает высокой надежностью, имеет низкую стоимость. Однако ее КПД из-за наличия потерь в роторе значительно меньше, чем у двух других типов машин.

Синхронная машина с постоянными магнитами обладает хорошими массогабаритными показателями, но несколько дороже в связи с применением высококоэрцитивных магнитов. Поэтому предпочтение, по мнению авторов, следует отдавать вентильно-индукторными машинами. Потому что, они, во-первых, имеют большое разнообразие конструкций, в том числе и довольно простых (машины с самоподмагничиванием) и в то же время обладают лучшими показателями по использованию активного объема. Во-вторых, они несложны в изготовлении. В-третьих, у них нет контактов, обмоток и магнитов на роторе, что позволяет снизить, по сравнению с асинхронной машиной, потери, а по сравнению с синхронной машиной с постоянными магнитами – стоимость. Однако у них есть два недостатка – повышенные пульсации момента и шумность работы. Из-за чего стартер-генераторы на их основе среди разработок автомобилестроительных фирм встречаются крайне редко. Хотя в последнее время интерес к ним растет, что связано с развитием силовой электроники и микроэлектроники, позволяющей устранить отмеченные выше их недостатки.

В простейшем варианте такой (как и любой другой) стартер-генератор может применяться как навесной агрегат, приводимый в действие от ДВС с помощью ременной передачи: самое дешевое техническое решение. Однако ресурс приводных ремней и передаваемый ими крутящий момент ограничены: мощность устройства в таком варианте обычно не превышает 2...5 кВт, что не всегда приемлемо. Поэтому автомобилестроители все чаще используют более

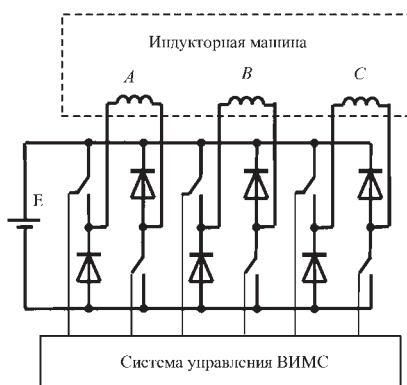


Рис. 1. Упрощенная функциональная схема вентильно-индукторной машины

рациональный вариант привода, при котором стартер-генератор присоединяется непосредственно к коленчатому валу ДВС, а его ротор одновременно является маховиком последнего.

Такое техническое решение, как свидетельствует опыт, обладает множеством и несомненных достоинств. В том числе такими, как улучшенные, по сравнению с классической конструкцией с навесными стартером и генератором, массогабаритные показатели; высокая надежность системы, поскольку в ней нет ременного привода между стартер-генератором и ДВС и других быстро изнашивающихся деталей; большой пусковой момент в стартерном режиме (вплоть до скорости уверенного пуска ДВС  $650 \dots 1000 \text{ мин}^{-1}$ , следовательно, быстрого (в течение  $0,3 \dots 0,4 \text{ с}$ ) завершения процесса пуска, что позволяет снизить расход топлива на этот процесс; обеспечение режима "докрутки" ДВС приводом от стартер-генератора при разгоне автомобиля, в результате чего уменьшается выброс вредных веществ с отработавшими газами за счет быстрого прохода участка работы ДВС с низким КПД, а также увеличивается маневренность автомобиля в начале движения и при движении на подъемах; рекуперация энергии торможения для заряда буферного источника энергии и режима принудительного заряда последнего избыточной мощностью ДВС; использование электрической машины для гашения вибраций, возникающих на коленчатом валу ДВС и т.д.

Теперь о конструкции и принципе действия вентильно-индукторного стартер-генератора.

Вентильно-индукторная машина (рис. 1) представляет собой электромеханический комплекс, который сочетает в себе электрическую машину индукторного типа и интегрированную систему регулируемого электропривода, состоящую из коммутатора полупроводниковых ключей и системы управления. В свою очередь, коммутатор обеспечивает питание фаз (А, В, С) индукторной машины однополярными импульсами тока, индукторная машина осуществляет электромеханическое преобразование энергии, а система управления в соответствии с заложенным в нее алгоритмом и сигналами обратной связи (углом положения ротора,

фазными токами, поступающими от датчиков) управляет этим процессом.

Индукторная машина (рис. 2) обладает следующими конструктивными особенностями: сердечники ее статора и ротора выполняются шихтованными и имеют явнополюсную структуру; обмотка статора – сосредоточенная катушечная; числа зубцов статора ( $N_s$ ) и ротора ( $N_r$ ) неодинаковы. Причем наиболее распространенным вариантом ее исполнения является конструкция с разностью чисел зубцов  $N_s - N_r = 2$ . При этом надо иметь в виду, что  $N_s$  и  $N_r$  – наиболее важные параметры вентильно-индукторной машины, поэтому их необходимо очень тщательно выбирать на стадии проектирования: чем меньше  $N_r$ , тем больше пусковой момент при одинаковых значениях МДС катушек. Однако в генераторном режиме уменьшение  $N_r$  ведет к снижению ЭДС, создаваемой на той же частоте вращения, что снижает мощность генератора при низких частотах вращения коленчатого вала ДВС. При увеличении же  $N_r$  растет частота коммутации на одной и той же частоте вращения ротора, в результате чего машина эффективно генерирует электрическую энергию при низких частотах вращения коленчатого вала. Но на высоких частотах мощность, генерируемая машиной, может падать [3].

Механические и электромеханические характеристики вентильно-индукционной машины в значительной мере зависят от схемы коммутатора и его алгоритмов управления. Поэтому разнообразие схем коммутатора, применяемых в таких машинах, довольно велико, и каждая из них имеет свои достоинства и недостатки. И очень важно уметь выбрать лучшую из них для конкретного стартер-генератора. Для этого следует руководствоваться следующими несложными правилами.

Переменными состояниями вентильно-индукционной машины (фазные токи, электромагнитный момент, частота вращения ротора) лучше всего, как обычно, управлять переключением напряжения, подключаемого к фазам, с помощью силовых ключей коммутатора. Для перехода из двигательного в генераторный режим достаточно изменить угол подачи управляющего напряжения.

Систему управления скоростью вращения (моментом) машины можно строить по подчиненной схеме, где функции внешнего контура выполняет контур регулирования угловой скорости (момента), а внутреннего контура – контур регулирования тока.

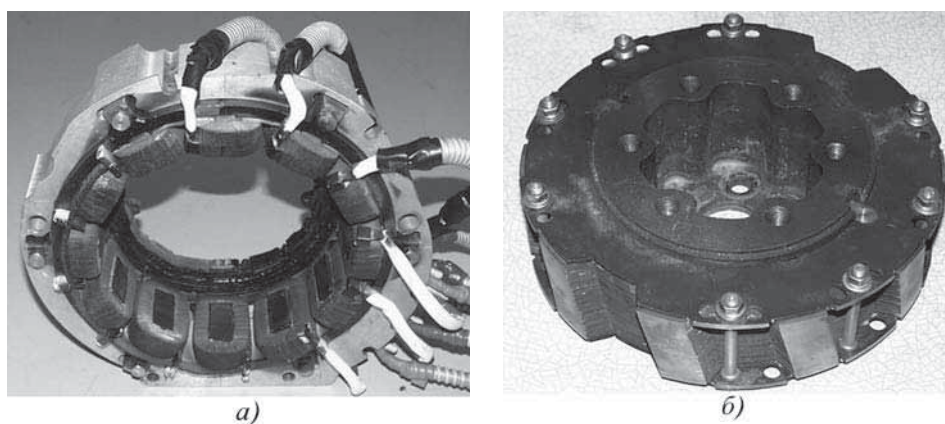


Рис. 2. Конструкция статора (а) и ротора (б) вентильно-индукторного стартер-генератора



Для уменьшения пульсаций электромагнитного момента всегда имеется возможность синтеза законов формирования фазных токов с помощью обратных связей по углу положения ротора и току.

Повышение мощности стартер-генератора до 10 кВт при ограничении силы коммутируемого тока полупроводниковых вентилях на уровне 200...500 А требует увеличения напряжения питания до 36 В и выше. При такой мощности для разгона автомобиля имеется возможность использования стартер-генератора совместно с ДВС. В этом случае источником питания стартер-генератора может служить аккумуляторная батарея или, что еще лучше, емкостный накопитель энергии: он имеет меньшие, чем аккумуляторная батарея, массогабаритные показатели, но способен отдать больше энергии в режиме разряда и принимать больший зарядный ток.

Таким образом, конструкции стартер-генераторов на основе синхронных машин с постоянными магнитами, до-

минирующими в современных западных стартер-генераторах, можно с успехом заменить вентильно-индукторными машинами. Но при условии устранения недостатков последних (повышенная шумность и пульсации электромагнитного момента) путем совершенствования конструкции и за счет развития алгоритмов управления.

## Литература

1. Патент на изобретение № 2268392 РФ. Способ управления стартер-генератором и блок формирования заданных значений составляющих вектора тока статора / ОАО "АВТОВАЗ". Заявка № 2003131840/11; опубл. 27.04.05.
2. Патент Японии № JP 4078890 B2. Устройство для управления стартер-генератором ДВС / Kokusan Denki Co. Ltd. Заявка JP 2002175770 ; опубл. 23.04.08.
3. Патент на изобретение № 2321765 РФ. Стартер-генераторные устройства и системы запуска ДВС на автотранспортных средствах / С.И. Малафеев, В.А. Шабаев. Заявка № 2006129052/06; опубл. 10.04.06.

УДК 629.113/115.003.13

## О КОМПЛЕКСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

Канд. техн. наук **В.И. КОПОТИЛОВ**

Тюменский ВИИВ (+7. 3452. 43-41-21)

*Дается обзор и критический анализ существующих критериев топливной и энергетической эффективности автотранспортных средств. Указываются принципиальные недостатки как самих критериев, так и их расчетных формул.*

**Ключевые слова:** автомобиль, топливная и энергетическая эффективность, критерии эффективности, анализ.

**Kopotilov V.I.**

### THE REVIEW CRITERIA OF COMPLEX INDEXES OF FUEL-ENERGY EFFICIENCY OF MOTOR VEHICLES

*The review analysis of criteria of fuel and energy efficiency of motor vehicles is given. Principal shortcomings as well as criteria or their calculating formula are observed.*

**Keywords:** motor vehicles, fuel and energy efficiency, criteria of efficiency, analysis.

В настоящее время для оценки технического совершенства автомобиля используются показатели, отражающие затраты энергии или топлива при его эксплуатации. Причем таких показателей предложено довольно много, что уже само по себе говорит об их несовершенстве. Подтверждает это и тот факт, что работа по совершенствованию и выработке новых критериев эффективности продолжается до сих пор. Очевидно, что настало время критически осмыслить предложенные критерии и оценить их научную и практическую ценность. Что автор и попытался сделать.

Пожалуй, самым естественным критерием, позволяющим сравнивать топливную экономичность разных автомобилей, является минимум расхода топлива  $Q$ . Однако использовать этот критерий, к сожалению, очень сложно, так как разные автомобили могут перевозить грузы или пассажиров разной массы, совершать пробеги неодинаковой протяженности, двигаться в разных режимах и эксплуатироваться в резко отличающихся дорожных и погодных-климатических условиях. По этим причинам затраты  $Q$  у разных автомобилей могут быть попросту несопоставимы. Поэтому возникла потребность в таких показателях, которые бы приводили затраты топлива в более или менее сопоставимый вид. И эти показатели уже фигурировали в

работах Е.А. Чудакова. Так, для измерения топливной экономичности АТС он использовал показатели не абсолютного, а удельного расхода топлива. Он писал [1]: "топливная экономичность автомобиля измеряется расходом топлива на тонно-километр работы автомобиля (для грузовых автомобилей) и на километр пути (для легковых автомобилей)", а для того, чтобы получить ясное и наглядное представление об экономичности АТС, предложил показатель "экономическая характеристика автомобиля", который представляет собой зависимость расхода  $Q_S$  топлива на 100 км пути, от скорости  $v_a$  движения при заданном значении коэффициента  $\psi$  суммарного сопротивления дороги (формула № 1 в таблице).

Данный показатель, как видим, при соблюдении определенных условий уже позволяет судить о степени экономичности АТС, хотя и не снимает всех проблем обеспечения полной сопоставимости их расходов топлива. Например, величину  $Q_S$  нельзя применять при сравнении экономичности автомобилей, перевозящих разное количество груза или пассажиров.

Г.В. Зимилев пошел несколько дальше [2]: наряду с показателем  $Q_S$  он предложил в качестве критерия топливной экономичности использовать величину, обратную  $Q_S$  (формула № 2), назвав ее "экономическим фактором". По его мнению, "применение экономического фактора упрощает и делает более наглядным учет расхода горючего, сопоставление отдельных автомобилей по их экономичности, подсчет запаса хода автомобиля и т.п.". Однако и по критерию  $\Theta$  у специалистов возникло много вопросов.

Работу по совершенствованию показателей топливной экономичности АТС продолжили Д.П. Великанов, А.А. Токарев и ряд других ученых. Причем со временем некоторые из них (Д.П. Великанов, А.А. Токарев, В.А. Петров, М.И. Погосбеков) пришли к пониманию, что при оценке топливной экономичности к автомобилю надо подходить с более общих позиций, нежели рассматривая только его абсолютный или удельный расход топлива. Ведь топливо – лишь источник энергии, поэтому экономичность автомобилей следует рассматривать с позиций извлечения из него теплоты, эффективности ее преобразования в механическую работу и рациональности использования развиваемой двигателем мощности, т.е. учитывая весь цикл преобразований химической энергии топлива и превращения ее в механическую работу.

Так, для совершенствования автомобильных перевозок Д.П. Великанов в качестве показателя эффективности

| № формулы | Формула  | Примечания   |
|-----------|--|--|
| 1         | $Q_s = \frac{Q}{S} 100$  | $Q$ – количество израсходованного топлива; $S$ – путь, пройденный автомобилем  |
| 2         | $\Theta = \frac{S}{Q}$   | –  |
| 3         | $\Theta = \frac{100 Q \delta \lambda}{W}$  | $\delta$ – плотность топлива; $\lambda$ – его теплотворная способность (калорийность); $W$ – объем транспортной работы   |
| 4         | $\eta_b = \frac{N_{гр}}{N_{\Theta}}$   | $N_{гр}$ – мощность, затрачиваемая на перевозку груза; $N_{\Theta}$ – мощность энергозатрат  |
| 5         | $\eta_b = 23,4 \frac{G_e (\psi + \delta j / g) + \Delta W v^2 3,6^{-2} \cdot 10^{-3}}{Q_s \gamma_T}$ | $G_e$ – масса полезной нагрузки; $Q_s$ – расход топлива на единицу пути; $j$ – ускорение автомобиля; $\Delta W$ – приращение фактора обтекаемости, обусловленное грузом; $v$ – скорость автомобиля; $\gamma_T$ – удельный вес топлива; $\delta$ – коэффициент учета вращающихся масс   |
| 6         | $\eta_{эф} = \frac{A_{\Theta}}{A_n} 100\%$   | $A_{\Theta}$ – эталонная работа; $A_n$ – работа по перемещению груза   |
| 7         | $A_{\Theta} = \frac{m v_{cp}^2}{2 \cdot 3,6^2}$  | $m$ – масса перевозимого груза; $v_{cp}$ – средняя скорость автомобиля   |
| 8         | $A_n = \frac{k Q_s \gamma_T H}{100}$   | $H$ – теплотворная способность топлива; $k = 4186,8$ Дж/ккал – коэффициент перевода единиц измерения   |
| 9         | $\eta_{эф} = C \frac{m v_{cp}^2}{Q_s \gamma_T}$  | $C$ – коэффициент, характеризующий вид топлива   |
| 10        | $\eta_{тк} = \frac{2 m v_{cp}^2}{\eta_{ид} g_T Q_T}$   | $\eta_{ид}$ – КПД идеального двигателя по циклу Карно; $g_T$ – теплотворная способность топлива при полном сгорании; $Q_T$ – количество израсходованного топлива   |
| 11        | $\eta_{\Theta} = \frac{Q_T H_u}{0,5 m_{гр} v^2 t}$   | $H_u$ – низшая теплотворная способность топлива; $t$ – время движения автомобиля   |
| 12        | $\eta_{\Theta} = \frac{Q_T H_u / t}{0,5 m_{гр} v^2}$   | –  |
| 13        | $\eta_a = \frac{v}{i_0 \rho_{cp} H_u G_T} \sqrt{\frac{M_e M_{гр} g}{r_k}}$                           | $v$ – среднетехническая скорость автомобиля; $i_0$ – передаточное отношение главной передачи; $\rho_{cp}$ – средняя плотность ряда передаточных чисел трансмиссии; $G_T$ – осредненный по маршруту секундный расход топлива; $M_e$ – максимальный крутящий момент двигателя; $M_{гр}$ – масса перевозимого груза; $g$ – ускорение свободного падения; $r_k$ – радиус качения ведущих колес |
| 14        | $\eta_a = \sqrt{\frac{M_{гр} v_{cp} g}{\rho_T Q_{cp} H_u^{3/2}}}$                                    | $\rho_T$ – плотность топлива; $Q_{cp}$ – средний эксплуатационный расход топлива   |

предложил [3] использовать показатель  $\Theta$  энергоемкости перевозок, под которым он понимал отношение количества энергии топлива, израсходованного на выполнение транспортной работы, к объему этой работы (формула № 3). При этом он подчеркивал важность показателя энергоемкости не только для оценки эффективности транспортной работы подвижного состава автотранспортных

предприятий, но и возможности его использования для оценки экономичности конструкций АТС. Однако эта интересная идея, к сожалению, так и осталась не разработанной.

А.А. Токарев в качестве критерия предложил [4] коэффициент  $\eta$ , использования энергозатрат, который он определил, как отношение работы (мощности) по перемещению

груза к работе (мощности), эквивалентной тепловой энергии сгораемого в двигателе топлива (формула № 4). При этом мощность  $N_{гр}$  он рассматривает как полезную и, судя по тексту, понимает под ней ту дополнительную мощность внешних сил сопротивления, которая обуславливается собственно перевозимым грузом. И исходя из таких вполне разумных посылок, он дает формулу № 5 расчета коэффициента  $\eta_3$  использования энергозатрат, которая значительно расходится с заявленной им же формулой № 4.

Действительно, знаменатель дроби — не "мощность энергозатрат", а всего лишь удельное количество топлива (кг/100 км), расходуемого автомобилем в процессе движения. Во-вторых, числитель дроби — не мощность, а сумма внешних сил сопротивления движению, выраженная в тоннах. В-третьих, судя по формуле, параметр  $G_e$  должен выражать силу тяжести перевозимого груза, а не "массу полезной нагрузки". В-четвертых, в формуле совершенно не уместен коэффициент  $\delta$  учета вращающихся масс, так как груз не совершает вращательного движения. Наконец, если использовать формулу № 5, то коэффициент  $\eta_3$ , в отличие от того, который задается формулой № 4, — некоторая размерная величина, к тому же не имеющая того физического смысла, о котором говорит автор.

Таким образом, следует констатировать, что верная идея не нашла своего корректного воплощения в расчетной формуле.

Известен (см. "АП", 1978, № 5) и второй показатель эффективности, предложенной А.А. Токаревым, который свидетельствует о том, что автор отошел от своего первоначального замысла. Этот показатель, названный коэффициентом  $\eta_{эф}$  эффективности работы автомобиля, был создан им совместно с Э.И. Наркевичем четыре года спустя и определен, как отношение некой "эталонной работы"  $A_3$  к работе  $A_n$  по перемещению груза (формула № 6).

При этом авторы, не раскрывая физического смысла «эталонной работы», без всяких теоретических обоснований принимают ее равной приращению кинетической энергии перевозимого груза при его разгоне с места до средней скорости  $v_{ср}$  движения автомобиля (формула № 7). При этом работу  $A_n$  они почему-то считают равной количеству энергии, полученному от полного сгорания топлива, которое затрачивается автомобилем на участке длиной 1 км (формула № 8). Подставляя формулы № 7 и 8 в исходную формулу № 6, получают показатель (формула № 9), который несколько позже (см. "АП", 1997, № 9) А.А. Токарев трактует уже как КПД автомобиля и считает, что он "общий, универсальный, безразмерный энергетический показатель, отвечающий всем требованиям обобщающего параметра оптимизации". Однако очевидно, что этот показатель, в котором приращение кинетической энергии груза (формула № 7) соотносится с количеством теплоты (формула № 8), расходуемым автотранспортным средством на 1 км пробега в режиме движения, который никак при этом не оговаривается, явно надуман, составлен интуитивно и не имеет не только никакого научного обоснования, но и ясного физического смысла.

Аналогично оценить можно и показатели эффективности, предложенные В.С. Титаренко, М.И. Романченко, а также В.С. Карабцевым и Д.Х. Валеевым и составленные, вероятно, под влиянием критерия  $\eta_{эф}$ .

Так, В.С. Титаренко назвал [5] свой критерий термодинамическим КПД автомобиля. По замыслу автора, он представляет собой "отношение идеальных и реальных энергозатрат, фактически полученных по расходу топлива" (формула № 10).

При этом под идеальными энергозатратами автор предлагает считать затраты энергии так называемого идеального автомобиля с идеальным же двигателем, работающим по идеальному циклу Карно. Такой автомобиль не имеет собственной массы (?) и не испытывает никаких сопротивлений движению. При этом он каждый раз начинает движение из положения покоя (в пункте отправления) и без всяких остановок, двигаясь равномерно, разгоняясь до

некоторой максимальной скорости, которая должна в 2 раза превосходить среднюю скорость движения реального автомобиля (по-видимому, чтобы средняя скорость идеального автомобиля была такой же по величине, что и реального), прибывает в пункт назначения.

Таким образом, автор предлагает сравнивать затраты энергии виртуального автомобиля при абсолютно нереальном режиме движения (все затраты его энергии — это затраты на увеличение кинетической энергии груза) с энергией топлива, которое затрачивает реальный АТС, работающий в реальных условиях при реальном режиме движения.

Отвлеченность такого критерия и его практическая бесполезность очевидны, и в комментариях они не нуждаются.

М.И. Романченко назвал (см. "АП", 2008, № 4) свой показатель энергетическим коэффициентом  $\eta_3$  эффективности (формула № 11). И трактует его как отношение потенциальной (?) энергии топлива, расходуемого на совершение транспортной работы в течение времени  $t$ , к кинетической энергии груза, "развернутой во времени" (?).

Не вдаваясь в полемику относительно смысла и правомерности используемых терминов, а также существующего в классической механике понятия "действие", рассмотрим корректность и физический смысл показателя. Для этого представим его в виде формулы № 12, и тогда становится очевидным, что  $\eta_3$  — не что иное, как отношение средней скорости расходования энергии топлива к кинетической энергии груза. Первый показатель — характеристика потребления АТС ресурса (энергии), который относится ко всему пути следования АТС и поэтому возражений не вызывает. Второй же — однажды приобретенная грузом кинетическая энергия. Он относится только к какой-то части пути (участку разгона) и не может служить мерой полезной работы или эффекта, создаваемого автомобилем на всем его перемещении. Следовательно, показатель затрат (числитель) и показатель полезного эффекта (знаменатель) попросту не соответствуют друг другу, а их соизмерение лишено всякого смысла.

В.С. Карабцев и Д.Х. Валеев энергетическую эффективность АТС предложили (см. "АП", 2002, № 10) оценивать посредством "сконструированного" ими безразмерного показателя эффективности  $\eta_a$  (формула № 13).

Спустя два года эти же авторы дают [6] еще один "комплексный критерий для оценки тягово-скоростных свойств и топливной экономичности", который они предлагают рассматривать как КПД автомобиля (формула № 14).

К сожалению, показатели, задаваемые формулами № 12 и 13, составлены, как и рассмотренные выше, интуитивно, не имеют соответствующего теоретического обоснования и определенного физического смысла, поэтому они также не могут использоваться для объективной оценки топливной экономичности или энергетической эффективности автомобиля.

## Литература

1. Чудаков Е.А. Избранные труды. Т. 1. Теория автомобиля. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 463 с.
2. Зимилов Г.В. Теория автомобиля. М.: Воениздат, 1957. 455 с.
3. Великанов Д.П. Эффективность автомобиля. М.: Транспорт, 1960. 240 с.
4. Токарев А.А. Комплексный энергетический показатель автомобиля // ЭИ: Конструкция автомобилей, 1976, № 1. С. 36–43.
5. Титаренко В.С. Энергетическая эффективность автомобиля // ИВ: Машиностроение, 1985, № 8. С. 73–79.
6. Карабцев В.С., Валеев Д.Х. Комплексный критерий оценки тягово-скоростных свойств и топливной экономичности автотранспортных средств // Вестник машиностроения. 2004. № 3. С. 70–72.

*(Продолжение следует.)*



## СИНТЕЗ РУЛЕВЫХ ШЕСТИЗВЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ

Кандидаты техн. наук **В.В. КОРЕНОВСКИЙ** и **Э.Е. СИЛЬВЕСТРОВ**, д-р техн. наук **Н.В. УМНОВ**  
МГМУ "МАМИ"(8.495. 223-05-23), ИМАШ РАН

*Рассмотрены типовые схемы автомобильных рулевых механизмов, выполненных на основе трапеций. Показано, что для увеличения точности поворота необходимо применять многозвенные рулевые трапеции.*

**Ключевые слова:** синтез рулевых механизмов, целевая функция, параметры синтеза, традиционные и оригинальные методы синтеза.

**Korenovskiy V.V., Silvestrov E.E., Umnov N.V.**  
**SYNTHESIS STEERING SIX LINK MECHANISMS**

*Typical schemes of automobile steering mechanisms on the basis of trapezes are considered. At synthesis of such mechanisms were applied both traditional, and original methods of synthesis. It is shown that it is necessary to apply iterative steering trapezes to increase in accuracy of turn.*

**Keywords:** synthesis of steering mechanisms, criterion function, synthesis parameters, traditional and original methods of synthesis.

При синтезе передаточных механизмов рулевого устройства автомобиля, как правило, используется механизм простейший – рулевая трапеция. Его задача – обеспечить, чтобы управляемые колеса автомобиля поворачивались на такие углы, при которых оси всех колес пересекались бы в одной точке. Только в этом случае не будет бокового их скольжения в поперечной плоскости, которое, как известно, существенно увеличивает сопротивление движению и ведет к дополнительному износу шин.

Необходимые для выполнения данного условия углы поворота колес можно определить по элементарной формуле № 1 (см. таблицу) [1]. При этом наиболее распространенное значение отношения  $\frac{B}{L}$  принято равным 0,5. Но формуле № 1 можно придать вид, более удобный при расчетах на компьютере, – формулы № 2 и 3, первая из которых применяется для расчета автомобиля вправо, а вторая – влево.

Однако классическая, построенная по этому принципу рулевая трапеция не может обеспечить точное решение задачи: как правило, точное совпадение нужных углов поворота колес бывает только в двух точках – перед началом поворота, т.е. при прямолинейном положении колес, и в какой-нибудь еще одной промежуточной точке. Причем точность, за которую принимают максимальную разницу отклонений углов от идеальных, обычно составляет несколько градусов. Что для большинства автомобилей, в общем-то, не является критически опасным, и с этим на практике мирятся, поскольку собственно рулевое устройство в данном случае конструктивно получается достаточно простым и хорошо отработанным.

Но есть типы автомобилей, где затраты энергии при маневрировании составляют заметную долю в общем энергетическом балансе. Поэтому конструкторы, создающие такие АТС, вынуждены принимать меры для снижения этой доли. В частности, переходят на более сложные рулевые механизмы, обладающие большей точностью реализации функции поворота колес. Например, первое из таких предложений было высказано [2] в связи с разработкой экспериментальных автомобилей на солнечных батареях. Канадские ученые создали схему сдвоенной, с шестью звеньями, рулевой трапеции, которой воспользовались австралийские инженеры. Правда, ее абсолютно новой схемой назвать трудно, поскольку уже применялась в некоторых типах автомобильных прицепов. Хотя и не с це-

лью повышения точности поворота, а из конструктивных соображений, так как дышло прицепа легко, даже естественно, использовать в качестве сошки.

К сожалению, цифры, приведенные в работе канадских исследователей, вызвали определенные сомнения в их достоверности, а графические зависимости были изображены в таком мелком масштабе, что их анализ исключался. Однако совершенно очевидно, что наличие дополнительных звеньев в новом рулевом устройстве увеличивает, по сравнению с четырехзвенной трапецией, число варьируемых параметров, а это, в принципе, должно повысить точность реализуемых трапецией функций. В чем легко убедиться, проведя синтез этого устройства.

Начиная такой синтез, примем, что механизм выполнен по симметричной схеме, поскольку повороты вправо и влево – равнозначны, а общее число варьируемых параметров при таком допущении сокращается с восьми до четырех.

Теперь обратимся к рис. 1, на котором представлена шестизвенная схема механизма рулевой трапеции автомобиля. Как из него видно, со звеньями 1 и 5 жестко связаны управляемые колеса – правое *R*, внутреннее по отношению к повороту, и левое *L*, внешнее по отношению к нему. Заданной входной переменной является угол  $\varphi_{lj}$  – угол отклонения плоскости правого колеса от плоскости направления движения или, что то же самое, угол наклона звена 1 к оси *AOX* неподвижной системы координат, а выходной переменной –  $\varphi_{sj}$  угол наклона звена 5.

Функцию отклонения  $\Delta_j$  действительного выходного угла поворота колеса от расчетного (эталонного) дает формула № 4.

Имея аналитическое выражение отклонения  $\Delta_j$  от заданной функции, можно сформировать целевую функцию с помощью квадратического приближения. Это будет формула № 5.

Для нашего случая решение задач синтеза сводится, очевидно, к определению минимума целевой функции и значений параметров  $p_i$  синтеза. Последние же легко найти, приравняв нулю частные производные целевой функции по параметрам синтеза, т.е. по формуле № 6.

Решение поставленной задачи осуществлялось с применением численных градиентных методов спуска (метод наискорейшего спуска). Вначале определялся вектор начальных значений параметров синтеза, а затем – шаг, по которому, в свою очередь, вычислялись значения  $\alpha$  этих параметров (формула № 7).

Для новых (уточненных) значений параметров предназначена формула № 8.

При решении задачи синтеза все частные производные заменялись центральными конечными разностями, причем решение считалось законченным, если выполнялось условие, записанное в виде формулы № 9.

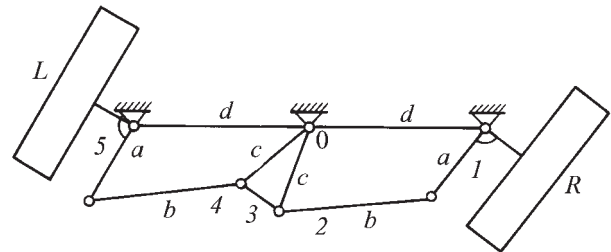


Рис. 1. Схема шестизвенной трапеции автомобиля:  
1–5 – звенья трапеции

| № формулы | Формула   | Примечание   |
|-----------|---|--|
| 1         | $\operatorname{ctg} \varphi_L - \operatorname{ctg} \varphi_R = \frac{B}{L}$   | $\varphi_L$ и $\varphi_R$ – углы поворота наружного и внутреннего колес соответственно; $B$ – ширина колеи; $L$ – база |
| 2         | $\varphi_L = \operatorname{arctg} \left( \frac{\operatorname{tg} \varphi_R}{\frac{B}{L} \operatorname{tg} \varphi_R + 1} \right)$   | –  |
| 3         | $\varphi_R = \operatorname{arctg} \left( \frac{\operatorname{tg} \varphi_L}{\frac{B}{L} \operatorname{tg} \varphi_L + 1} \right)$   | –  |
| 4         | $\Delta_j = \varphi_{L_j}(p) - \varphi'_{L_j}$  | $p$ – вектор параметров синтеза; $\varphi'_{L_j}$ – угол, определяемый по формуле № 2                                  |
| 5         | $S(p) = \sum_{j=1}^k \Delta_j^2$  | $k$ – число заданных положений механизма   |
| 6         | $\frac{\partial S(p)}{\partial p_i} = 0$  | $i = 1, \dots, n$  |
| 7         | $\alpha = \frac{-\sum_{j=1}^n \left( \frac{\partial S(p)}{\partial p_j} \right)^2}{\sum_{j,k=1}^n \frac{\partial S(p)}{\partial p_j} \frac{\partial S(p)}{\partial p_k} \frac{\partial^2 S(p)}{\partial p_j \partial p_k}}$ | –  |
| 8         | $p_j^{i+1} = p_j^i + \alpha \frac{\partial S(p)}{\partial p_j^i}$   | –  |
| 9         | $S_{i+1} - S_i \leq \xi$  | $\xi$ – малая величина, допускаемая условиями задачи   |

Начальные значения параметров  $p$  синтеза авторы определяли с помощью разработанного в МГМУ "МАМИ" и лаборатории динамики машин ИМАШа РАН метода решения оптимизационных задач, условно названный методом "тяжелого шарика". Основное его достоинство в том, что система не заканчивает поиск в найденном минимуме (возможно, локальном), а последовательно дает множество решений, среди которых можно выбрать наиболее точное.

Сущность этого метода – организация движения условного шарика по  $n$ -мерной поверхности, представляющей собой целевую функцию. Перемещается шарик по направлению антиградиента, и его попадание в псевдоособые точки (в них большинство частных производных целе-

вой функции равно нулю) фиксируется. Характерно, что шарик в них не останавливается, а продолжает движение.

Специально разработанное программное обеспечение позволяет исследователю в интерактивном режиме анализировать каждую псевдоособую точку и принимать решение об окончании поиска в связи с получением решения с минимальным значением целевой функции или о продолжении синтеза, если, по его мнению, имеет место локальный минимум. Кроме того, из каждой псевдоособой точки можно запускать программы с традиционными методами синтеза и получать новые значения параметров синтеза.

Особенности построения программ оптимизации заключались в том, что в них не использовались аналитические зависимости, связывающие размеры звеньев с целевой функцией. Передаточный механизм просто разбивался на группы Ассур, и после задания входного угла проводился последовательный анализ групп – с тем, чтобы получить численное значение положения выходного угла. При этом использовались типовые подпрограммы анализа кинематики групп, также специально разработанные в лаборатории динамики машин ИМАШа РАН.

Такой подход позволял для любого значения угла поворота звена  $I$  численно определять угол поворота звена  $5$ , а затем сравнивать его с заданным. В результате получались достаточно простые программы, исключающие опасность возникновения неверного решения из-за ошибок в написании громоздких аналитических функций.

Расчет по указанным программам был достаточно длительным, однако позволил создать несколько новых механизмов. Причем любопытно, что механизм, предложенный канадскими учеными как оптимальный, не вошел в число механизмов, найденных авторами статьи.

На рис. 2 приведены графики изменения выходной функции одного из найденных механизмов с параметрами  $a = p_1 = 0,5$ ;  $c = p_2 = 0,34$  и углом  $\alpha$  развала звена  $3$ , равным  $40^\circ$ . На нем же дана увеличенная в 10 раз разность  $\Delta \varphi_k$  между реальным и "идеальным", рассчитанным по формуле № 2, углами отклонения левого управляемого колеса.

Как видим, в диапазоне до  $45^\circ$  наибольшее ее значение равно  $0,865^\circ$ , что существенно превосходит точность значения, реализуемого в одинарной трапеции.

Следующим этапом оптимизации был синтез рулевого механизма с увеличенным числом варьируемых параметров. В частности, к системе были добавлены два параметра:  $y_0$  – положение центрального рулевого шкворня, которое в общем случае не обязательно должно быть на линии, соединяющей центры вращения рулевых сошек, и углы наклона звеньев  $1$  и  $5$ , отличающиеся от  $90^\circ$  (конечно, симметрично отклоненные от продольной оси на одинаковые углы, что дает только один параметр).

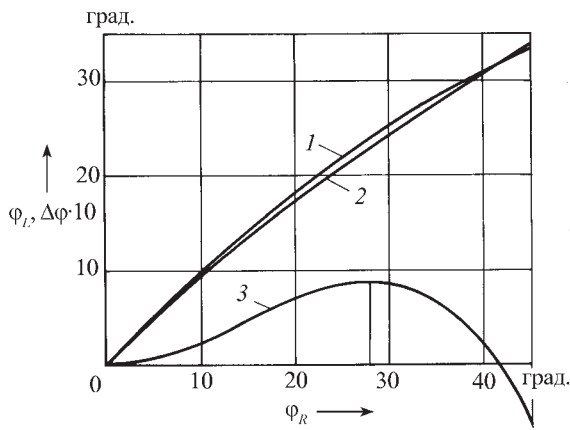


Рис. 2. Изменение фактической (1) и "эталонной" (2) выходной функции шестизвенного механизма с параметрами  $a = p_1 = 0,5$ ;  $c = p_2 = 0,34$  и  $\alpha = 40^\circ$ , а также разница между реальным и "идеальным" значениями угла отклонения левого колеса (3)

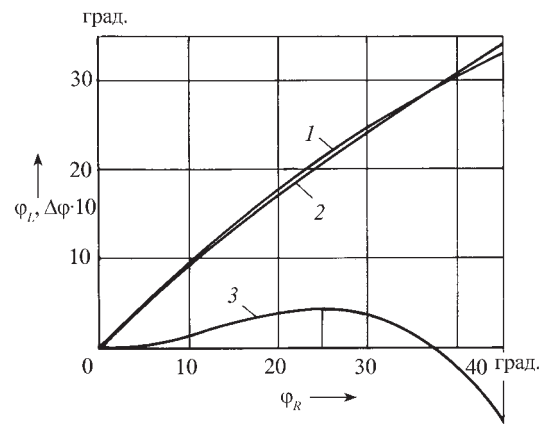


Рис. 4. Изменение фактической (1) и "идеальной" (2) выходных функций, а также разница между ними (3)

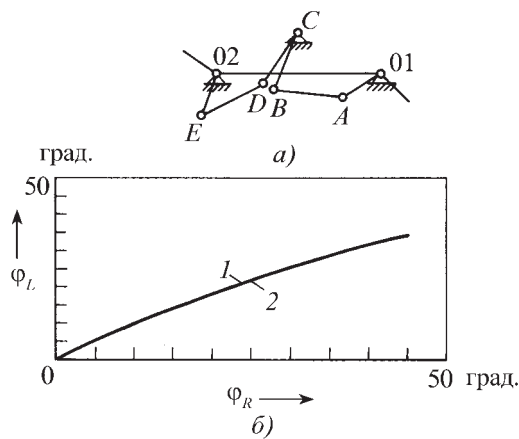


Рис. 3. Оптимизируемая схема механизма (а), изменение выходных функций шестизвенного механизма (б):

1 – изменение фактической выходной функции; 2 – изменение идеальной выходной функции

При синтезе с учетом этих дополнительных переменных в качестве начального приближения принималось, что  $y_0 = 0$  и  $\varphi_{1_0} = \varphi_{3_0} = \frac{\pi}{2}$ . При этом оказалось, что оптимизация устойчиво приводит к смещению положения точки  $C$  в отрицательную область, что, по-видимому, справедливо.

Оптимизируемая схема приведена на рис. 3. На нем не показан и интерактивный экран программы поиска оптимальных параметров по методу "тяжелого шарика", из которого видно, что это еще не конец синтеза, поскольку скорости изменения градиента не равны нулю. Если же обратиться к истории синтеза, то обнаруживается, что и при 43, и при 299 итерациях достигались локальные минимумы, однако оператор принял в обоих случаях решение продолжить анализ при том же направлении изменения градиента. Если же, например, после 43-й итерации было принято решение о выходе и фиксации полученных параметров, то после вторичного входа в программу с начальными зафиксированными на этой итерации параметрами направление изменения градиента изменилось бы, тем са-

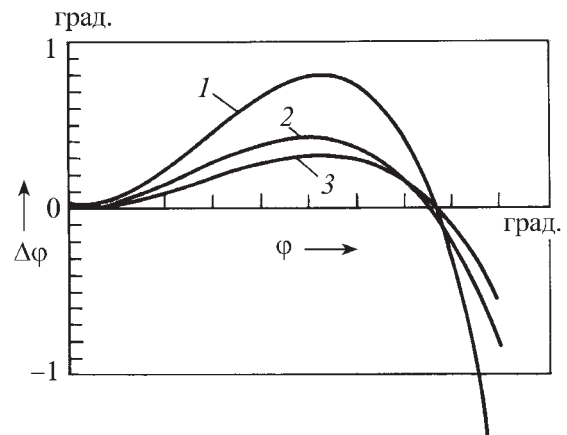


Рис. 5. Результаты синтеза четырехзвенного (1), шестизвенного (2) и восьмизвенного (3) механизмов

мым произошло бы "ветвление" процесса поиска. Так что останавливаясь в точках локальных минимумов и меняя направление изменения параметров, можно, в принципе, получить множество оптимальных механизмов, а затем, сравнивая их, выбрать наиболее подходящий из них.

Точность реализации функции управления по модернизированной схеме после оптимизационного синтеза по рассмотренной методике повысилась, как следует из рис. 4, вдвое, хотя диапазон изменения углов слегка уменьшился. То есть более сложные шестизвенные рулевые механизмы дают существенное увеличение точности. Причем такая тенденция сохраняется и в механизмах с большим числом параметров. Что хорошо видно из рис. 5.

#### Литература

1. Наумов Е.С., Шарипов В.М., Еглит И.М. Рулевое управление колесных тракторов. Учебн. пособие для студентов по спец. "Автомобиле- и тракторостроение" / под ред. В.М. Шарипова. М.: МГТУ "МАМИ", 1999, 42 с.
2. Zanganeh K.E., Angeles J., Kecskemethy A A On the Optimum Design of a Steering Mechanisms. 9-th World Congress on the TMM, Milan, Italy, Vol. 4, 1995. P. 2524–2528.
3. К. Hain. Kinematik. Schpringer Verlag. 1972. 253 p.
4. Вергасов В.А., Журкин И.Г., Красикова М.В. и др. Вычислительная математика. М.: Недра, 1976. – 230 с.



## ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ОБРАЗОВАНИЕ СТРУКТУРНОГО ШУМА АВТОМОБИЛЬНОГО ДИЗЕЛЯ

Д-р техн. наук **В.Е. ТОЛЬСКИЙ**, канд. техн. наук  
**А.Д. КОНЕВ**  
НАМИ (495.456-30-81)

*Рассматриваются основные факторы, определяющие образование и пути уменьшения структурного шума на примере автомобильного дизеля грузового автомобиля.*

**Ключевые слова:** звуковое давление, структурный шум, индикаторная диаграмма, угол опережения впрыскивания, частота вращения коленчатого вала; нагрузка, топливная аппаратура, турбонаддув, перекладка поршня; неустойчивые режимы работы двигателя, вибрация.

Tolskiy V.E., Konev A.D.

### THE FACTORS HAVE INFLUENCE ON THE FORMATION STRUCTURE NOISE AUTOMOBILE ON THE ENGINE

*Basis factors be formed the creation and the directions decrease of the structure noise on example the automobile diesel of the truck are given.*

**Keywords:** sound pressure, structure noise, indicator diagram, angle of fuel injection, frequency of crankshaft revolution, load; fuel equipment, turbocharge, piston transposition, unsteady regime of operation, vibration.

В 2010 г. у нас в стране введен в действие ГОСТ, ограничивающий структурный шум автомобильных ДВС [1]. Чтобы выполнить его требования, можно использовать два принципиально отличающиеся друг от друга способа уменьшения этого шума – снижать шум самого ДВС или устанавливать вокруг силового агрегата шумозащитные устройства либо полностью капсулировать данный агрегат.

Первый из них (его называют активным методом) довольно сложен, особенно если его приходится осуществлять при сложившейся конструкции ДВС, требует специальных знаний, много экспериментального оборудования и приборов, программного обеспечения, а самое главное – изменения конструкции ДВС. Тем не менее вся практика мирового развития автомобильных ДВС в последние годы свидетельствует о том, что моторостроительные фирмы отдают предпочтение именно ему. Потому что его применение не очень сильно сказывается на себестоимости АТС. Второй же метод (его называют пассивным), наоборот, ее существенно повышает. Например, полное капсулирование силового агрегата большегрузного автомобиля увеличивает его себестоимость на ~1000 амер. долл. Кроме того, экраны и элементы капсулы применяются, как правило, при сложившейся конструкции ДВС, и нет никакой гарантии, что в условиях эксплуатации эти детали после технического обслуживания и ремонта АТС установят обратно или установят так, что не нарушится необходимая герметизация силового агрегата, т.е. без щелей, повреждений и т.п. Другими словами, пассивный метод совершенно не исключает того, что внешний шум АТС в процессе эксплуатации не возвратится к тому уровню, который был до реализации этого метода. Так что вывод очевиден: бороться с внешним шумом АТС надо в процессе создания для него ДВС. Причем путем снижения структурного шума последнего с помощью первого из перечисленных выше методов. Для чего, естественно, необходимо знать факторы, способствующие образованию структурного шума ДВС.

Первый из таких факторов – организация рабочего процесса ДВС. Рассмотрим его на примере результатов экспериментальной работы, проведенной с опытным образцом V-образного дизеля для большегрузных автомобилей. Потому что при непосредственном впрыске топлива, характерного для этого типа ДВС, степень возрастания

давления по времени в цилиндре в момент взрыва топливоздушной смеси определяет, как правило, максимальное значение структурного его шума. Об этом свидетельствует анализ протекания индикаторных диаграмм, полученных опытным путем, и характер изменения шума в первые секунды после взрыва смеси: чем короче по времени данный период, тем выше уровень структурного шума ДВС. Но протекание индикаторных диаграмм, следовательно, и шум по времени зависит от конструкции топливной аппаратуры и законов подачи топлива. Например, практика последних лет показала, что применение топливной системы "коммон рейл" с электронным управлением значительно снижает не только токсичность отработавших газов дизелей, но и их структурный шум [2]. В этом убеждают, в частности, результаты опытных работ по созданию новых дизелей ЯМЗ (Р-4).

Второй фактор – перекладка поршня, а точнее – величина бокового зазора между поршнем и цилиндром: чем он меньше, тем меньше структурный шум. Однако возможности здесь, по вполне понятным причинам, весьма ограничены.

Третий фактор – угол опережения впрыскивания топлива. Ранее в СССР, когда перед конструктором ставилась одна задача – уменьшить расход топлива, а условие выполнить нормы по токсичности отработавших газов не ставилась, он старался добиться, чтобы максимальные значения давления по индикаторной диаграмме располагались как можно ближе к ВМТ. Скажем, на дизелях КамАЗ и ЯМЗ этот угол принимался равным 16...18° п.к.в. до ВМТ, т.е. находился в пределах, где структурный шум очень чувствителен и к изменению угла опережения впрыскивания топлива, и к жесткости протекания рабочего процесса. В настоящее же время, когда одной из главных целей стало обеспечение норм по токсичности, характер протекания индикаторных диаграмм в российских дизелях существенно изменился: угол опережения впрыскивания стал располагаться еще ближе к ВМТ, где, как показали опыты последних лет, структурный шум, скажем, тех же дизелей КамАЗ от изменения данного угла практически не зависит.

Четвертый фактор – турбонаддув. Он способствует увеличению энергетических показателей дизеля, что, в свою очередь, позволяет снизить максимальную частоту вращения коленчатого вала. А каждое ее снижение на 100 мин<sup>-1</sup> – уменьшение шума на ~0,8...1,0 дБА. Дело в том, что турбонаддув хотя и повышает максимальное давление в цилиндре, однако жесткость протекания рабочего процесса при этом снижается. Что, естественно, способствует уменьшению структурного шума. Так, у выпускавшегося до 1995 г. безнаддувного дизеля КамАЗ-740 при  $n = 2600$  мин<sup>-1</sup> уровень шума был на 4...6 дБА выше, чем у выпускаемых сейчас турбонадувных дизелей такого же литража.

Пятый фактор – частота вращения коленчатого вала. При ее изменении и фиксированных значениях нагрузки и угла опережения впрыскивания топлива форма кривой давления в цилиндре по углу поворота коленчатого вала (индикаторная диаграмма) изменяется незначительно, а эти небольшие изменения связаны с разным значением давления турбонадува на данной частоте. Но при увеличении частоты вращения коленчатого вала с 1000 до 2000 мин<sup>-1</sup> существенно меняется другое – уменьшается длительность импульса давления газов в цилиндре. Между тем известно, что сокращение длительности импульса приводит к расширению его частотного состава в зону более высоких частот (импульс становится более "резким"). Это хорошо видно из рис. 1, на котором приведен частотный состав импульсов давления в цилиндре. А расширение частотного состава в зону высоких частот всегда равноцен-

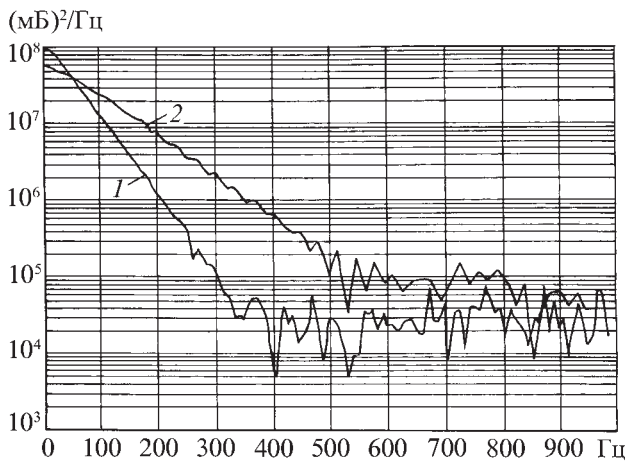


Рис. 1. Частотный состав импульса давления в цилиндре дизеля при различных частотах вращения коленчатого вала:  
1 – 1000 мин<sup>-1</sup>; 2 – 2000 мин<sup>-1</sup>

но повышению шума. (На рис. 1, 2 и 4 по вертикали отложена спектральная плотность импульса давления при сгорании в цилиндре дизеля.)

Шестой фактор – нагрузка дизеля. Ее влияние видно из рис. 2, на котором приведена зависимость частотного состава импульса давления в цилиндре при частоте вращения коленчатого вала, равной 2200 мин<sup>-1</sup>, трех (25, 50 и 100 %) подачах топлива. И угле начала подачи топлива, равном 18° п.к.в. до ВМТ: при увеличении угла подачи крутизна нарастания фронта давления в цилиндре, вызванная началом сгорания топлива, снижается. Но известно, что именно эта крутизна и определяет жесткость работы дизеля, которая сказывается на уровне шума процесса сгорания.

Экспериментально установлено также, что при увеличении нагрузки высокочастотные составляющие в спектре воздействия давления уменьшаются на ~70 %, а в низкочастотной зоне увеличиваются незначительно – менее чем на 10 %. Это свидетельствует о снижении жесткости процесса сгорания при повышении подачи топлива.

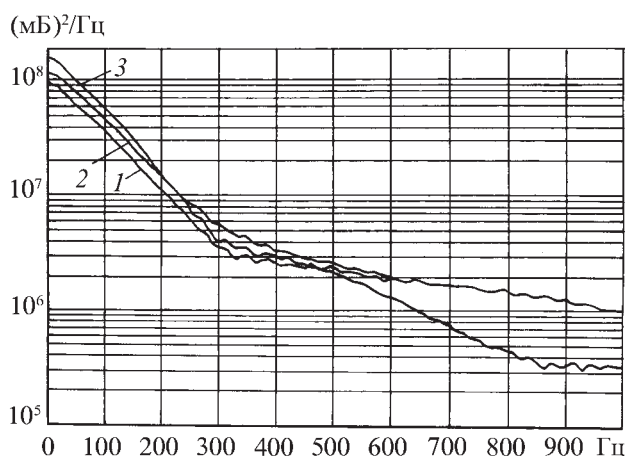


Рис. 2. Частотный состав импульса давления в цилиндре дизеля при различной подаче топлива:  
1 –  $q_{ц} = 25\%$ ; 2 –  $q_{ц} = 50\%$ ; 3 –  $q_{ц} = 100\%$

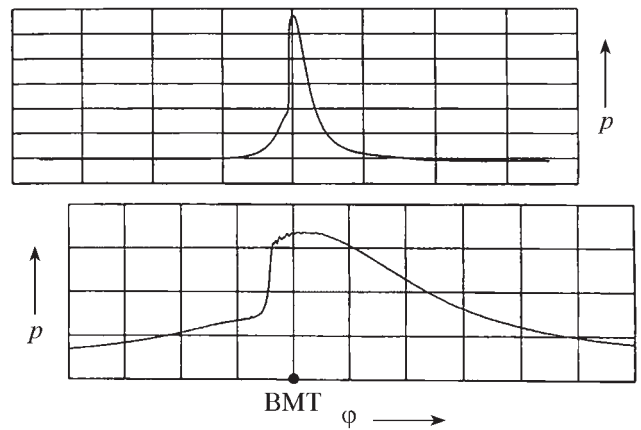


Рис. 3. Первый цикл работы дизеля при резком увеличении подачи топлива на режиме холостого хода

Можно также заметить, что при увеличении подачи топлива одновременно растет и давление в конце такта сжатия, что обусловлено большим давлением наддува из-за большей энергии выпускных газов. Что и объясняет причину уменьшения жесткости процесса сгорания.

В начале процесса сгорания топливовоздушная смесь из-за меньшего периода задержки загорается быстрее. В результате невоспламенившейся смеси остается меньше, поэтому интенсивность взрыва в начальный период сгорания снижается.

Седьмой фактор – неустановившиеся режимы работы дизеля (разгон без нагрузки). Эксперименты показали (рис. 3), что с точки зрения шумоизлучения наибольший интерес представляет индикаторная диаграмма первого цикла после резкого увеличения подачи топлива. В этот момент частота вращения коленчатого вала и давление наддува остаются такими же, как и при работе на холостом ходу, а подача топлива – максимальна. В результате передний фронт получается очень крутым и значительным по величине. Как видно из рис. 4, на котором показаны частотные спектры данного процесса и соответствующего ему процесса на установив-

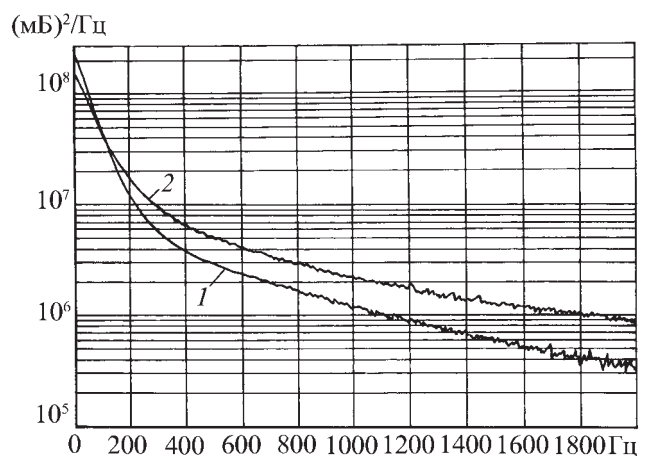


Рис. 4. Частотный состав импульса давления в цилиндре дизеля при его работе на режиме  $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$  и  $q_{ц} = 100\%$  (1) и при увеличении частоты вращения коленчатого вала (2)

шемся режиме работы дизеля (режим, при котором давление наддува достигло своего установившегося значения), при резком увеличении подачи топлива частотный состав воздействия импульса давления значительно увеличивается, причем в широком диапазоне частот. Причина заключается в том, что параметры давления в конце такта сжатия из-за низкого давления наддува невелики.

Восьмой фактор — конструкция наружных поверхностей ДВС и его систем. Опыты показали, что наличие на дизелях раздельных головок блока из алюминиевого сплава делает изгибную жесткость головок блока недостаточной с точки зрения уровня его структурного шума. Причем очень существенную роль в образовании шума играет характер протекания изгибных колебаний всего блока в области частот, близких к 1000 Гц, вызываемых ударными нагрузками во время начала протекания рабочего процесса. В этой же области частот на дизелях с раздельными алюминиевыми головками блока наблюдалась и повышенная вибрация трубопроводов систем газообмена дизеля, вызывающая существенное увеличение структурного шума исследуемого дизеля. Увеличение же массы блока, а значит, и его жесткости способствует уменьшению шума. Пример — последняя работа ЯМЗ совместно с австрийской фирмой AVL: благодаря такой мере удалось снизить структурный шум опытного дизеля Р-4 так, что он имеет наименьший шум из всех автомобильных дизелей, выпускаемых в России.

И последнее. В настоящее время при разработке и модернизации дизелей и ДВС вообще все более широкое

применение находит расчетно-экспериментальный метод исследования структурного их шума. Данный метод состоит из двух частей — расчетной [3] и экспериментальной. Первая из них, в свою очередь, предусматривает выполнение двух работ: расчет форм изгибных колебаний наружных поверхностей ДВС методом конечных элементов и оценка характера структурного шума ДВС, вызываемого его вибрацией, методом граничных элементов. Причем для последнего и нужна вторая часть расчетно-экспериментального метода: именно он требует обязательной идентификации расчетных моделей по результатам проведения первых экспериментальных работ.

Такая расчетно-экспериментальная работа была проведена с участием авторов этой статьи. Она позволила сформулировать конкретные рекомендации по изменению характера изгибных колебаний полублоков и изменению конструкции головок цилиндров одного из опытных V-образных дизелей, которое делает его самым малошумным из ныне выпускаемых.

#### Литература

1. ГОСТ Р 53838—2010. Двигатели автомобильные. Допустимые уровни шума и методы измерения М.: Стандартиформ, 2010.
2. Хачиян А.С., Синявский В.В. Дизели современных легковых автомобилей. Особенности рабочих процессов и систем. Монография. М.: МАДИ, 2009. 127 с.
3. Русинковский В.В. Разработка метода расчета вибрации и структурного шума корпусных деталей автомобильных дизелей. Автореферат дисс. ... канд. техн. наук М., 2005.



## ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АТС

УДК 629.1

### О ПОНЯТИИ "ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА"

Канд. техн. наук **В.В. КОМАРОВ**, д-р техн. наук  
**С.А. ГАРАГАН**  
НИИАТ(495.496-53-83)

*Проведен анализ ряда известных определений понятия "интеллектуальная транспортная система", приведенных в зарубежных источниках. Показаны недостатки и предложены соответствующие отечественным условиям определения понятия "телематическая транспортная система" и ее частного случая — интеллектуальной транспортной системы.*

**Ключевые слова:** интеллектуальная транспортная система, телематическая транспортная система, автомобильный транспорт.

**Komarov V.V., Garagan S.A.**

#### ABOUT "INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM"

*The analysis of some known definitions of "intelligent transport system", resulted in foreign sources, is carried out. Their disadvantages are shown and definitions for "telematic transport system" and its special kind — intelligent transport system are offered in compliance with national requirements.*

**Keywords:** intelligent transport system, telematic transport system, motor transport.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом ведутся работы по созданию так называемых интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Однако единой стратегической их концепции пока нет. Более того, не сформулировано и само понятие "интеллектуальная транспортная система". Например, многие считают, что ИТС — система, обеспечивающая сбор, систематизацию, анализ, использо-

вание и обмен информацией о системах транспорта. И это сдерживает [1] решение задач более высокого иерархического уровня. Поэтому настала пора сформулировать такое определение. Что авторы и попытались сделать.

Как известно, любой объект можно описать с различных точек зрения, для каждой из которых основное внимание будет уделяться тем существенным его особенностям, которые имеют наибольшее значение для определенной точки зрения. И понятие "ИТС" в этом смысле не исключение. Например, японские специалисты считают [1], что ИТС — система, которая использует самые передовые достижения информационных технологий для обеспечения удобного и эффективного транспортирования людей и грузов.

Лаконично и доходчиво. Однако для ИТС важно не только ее назначение, но и другие аспекты, не учтенные в этом определении. Такие, как необходимость обеспечения транспортной безопасности и безопасности дорожного движения. Кроме того, способ реализации назначения (использование передовых достижений информационных технологий) сформулирован неконкретно и, в общем-то, ориентирован главным образом на неспециалистов. Иначе говоря, цель этого способа — использование в политических и стратегических документах высокого уровня.

Второй вариант — директива 2010/40/EU Европейского парламента и Совета Европы от 7.07. 2010 г. [2]. В ней сказано: "Интеллектуальные транспортные системы являются современными приложениями, которые без использования интеллекта как такового направлены на предоставление инновационных услуг, относящихся к различным видам транспорта и управлению движением, и позволяют



различным пользователям быть лучше осведомленными, а также обеспечивают большую безопасность, более координированное и "разумное" использование транспортных сетей".

В этом определении, как и в предыдущем, в основное его содержание заложено назначение системы, однако сформулировано оно более размыто и менее категорично. При этом роль ИТС в обеспечении безопасности лишь упомянута. Но термин "обеспечение осведомленности пользователей" вряд уместен: относить его к конечным целям системы — явная "натяжка". Более корректным представляется рассматривать его как средство повышения эффективности перевозок и использования транспорта. Нельзя не отметить и неконкретность указаний на способ реализации назначения, что гораздо четче сделано в предыдущем определении.

Третий вариант — кодекс федеральных нормативных актов США: "Интеллектуальная транспортная система подразумевает использование электроники, фотоники, средств связи, обработки информации, применяемые по отдельности или в комбинации для повышения эффективности или безопасности наземной транспортной системы".

Это определение, как видим, аналогично первому из приведенных выше. Отличия состоят лишь в более подробном перечне областей техники и указании на повышение безопасности и эффективности наземной транспортной системы.

П. Пржибыл, М. Свitek в монографии "Телематика на транспорте" [3] пишут, что с точки зрения терминологии в США и Японии для данных систем используется понятие "интеллектуальные транспортные системы" (ITS), в то время как в Европе в большинстве случаев говорят "транспортная телематика", подчеркивая тем самым, что слово "телематика" возникло путем сложения слов "телекоммуникация" и "информатика" и показывает тесную связь обеих отраслей.

Однако одно из самых удачных, на взгляд авторов, определений понятия "транспортная телематика" следующее: "транспортная телематика объединяет информационную и телекоммуникационную технологии с организацией движения транспортных потоков так, чтобы повысилась пропускная способность существующей транспортной инфраструктуры, возросла безопасность движения и повысился психологический комфорт пассажиров".

Теперь перейдем к формированию определения, которое в большей степени соответствует отечественным условиям.

Думается, что, во-первых, из двух терминов, "интеллектуальная транспортная система" и "транспортная телематика", более точным следует считать второй. И вот почему. Одно из значений английского слова "intelligent" звучит как "обладающий искусственным интеллектом; саморегулируемый (о программе, аппарате)", т.е. говорит не об интеллекте в общем смысле, а именно об искусственном интеллекте. Иначе говоря, о способности технической системы выполнять достаточно сложные действия над информацией, не сводящиеся к таким относительно простым операциям, как сбор данных, их группировка, отображение, получение некоторых результатов путем выполнения простых математических действий, например, суммирования, определения долей и т.п. В то же время многие существующие и разрабатываемые для транспорта информационные системы ориентированы на реализацию именно таких функций. Например, различные системы мониторинга транспортных средств, которые вряд ли можно отнести к интеллектуальным.

Об этом, кстати, говорят и авторы работы [4]: "До настоящего времени отсутствует единое представление о том, что такое интеллектуальные транспортные системы. Во многих публикациях и выступлениях они в той или иной степени отождествляются с обычными автоматизированными

транспортными системами. Важной особенностью ИТС, позволяющей выделить такие системы в отдельный класс и даже в отдельное направление исследований в железнодорожной науке, является формальный логико-математический инструментарий, используемый для решения задач с позиций общесистемного подхода к анализу и управлению всеми системами и процессами на железнодорожном транспорте".

Очевидно, что приведенные выше рассуждения справедливы не только для железнодорожного, но и для других видов транспорта. В частности — автомобильного.

В этом контексте интересно обратить внимание читателей на оговорку, сделанную специалистами ЕС: "без использования интеллекта как такового". Оговорку, которая также указывает на то, что интеллектуальная транспортная система, соответствующая этому определению, не обязательно должна решать именно интеллектуальные задачи!

Какой же вывод можно сделать из всего сказанного? Он очевиден: любую ИТС следует именовать телематической транспортной системой (ТТС).

Такие системы, естественно, могут решать различные, но обязательно наиболее сложные, трудно формализуемые, имеющие высокую размерность вычислительные, логические и управленческие задачи. Например, прогнозировать транспортные потоки на сложной улично-дорожной сети по неполной исходной информации; оптимизировать маршруты следования транспортных средств и выработать оптимальные управляющие воздействия для средств управления дорожным движением с учетом прогнозируемой дорожной обстановки; извлекать неявные закономерности из больших массивов данных о движении АТС и т.п.

И еще одно. Авторы работы [4] называют три главные свойства, которые позволяют отнести техническую систему к классу интеллектуальных. Это: обучаемость — способность генерировать новые знания и данные (модели, решающие правила) на основе механизмов индуктивного вывода, обобщения статистических данных и др.; способность к классификации, или умение системы самостоятельно дифференцировать объекты управления, воздействия внешней среды, управляющие сигналы, автоматически структурировать данные; адаптивность (способность системы приспосабливаться к меняющимся условиям среды функционирования, правильно учитывать нестационарность управляющих данных и пр.).

Во-вторых, представляется целесообразным конкретизировать признаки определяемой системы. Дело в том, что перечисленные в приведенных выше определениях отрасли техники и технологий имеют одну общую черту: они предназначены для выполнения различных операций над информацией — будь то ее сбор, передача, обработка, хранение либо представление. Отсюда следует, что телематическая транспортная система — это информационная система.

Кроме того, в современных условиях такие системы должны быть автоматизированными (в идеале на человека должны возлагаться только те функции, реализация которых в автоматическом режиме невозможна либо неэффективна).

Теперь о системных функциях.

Основными из них в нашем случае можно считать сбор, обработку, передачу и предоставление потребителям циркулирующей в ИТС информации, т.е. данных о местоположении и состоянии АТС; сведений, получаемых на их основе. Эта особенность является классифицирующим признаком, позволяющим разделить ТТС и иные информационные системы, которые могут использоваться в транспортном процессе (например, автоматизированные системы продажи билетов).

Необходимый элемент определения, как видно из сказанного выше, — назначение системы. И здесь для условий России рациональными можно считать следующие определения.

Первое. Телематическая транспортная система – информационная система, обеспечивающая автоматизированный сбор, обработку, передачу и предоставление потребителям данных о местоположении и состоянии транспортных средств, а также информации, получаемой на основе этих данных, в целях эффективного и безопасного использования транспортных средств различного назначения и принадлежности.

Но это – для специалистов, связанных с заказами, разработкой и применением ТТС. Для более широкого круга пользователей предлагается такой, несколько упрощенный, ее вариант: телематическая транспортная система – это автоматизированная информационная система, обеспечивающая повышение эффективности и безопасности транспортных процессов.

Таким образом, окончательное определение интеллектуальной транспортной системы должно выглядеть следующим образом: "интеллектуальная транспортная система – это телематическая транспортная система, обеспечивающая реализацию функций высокой сложности по обработке информации и выработке оптимальных (рациональных) решений и управляющих воздействий".

Такова теоретическая часть проблемы. Что же касается практики, то, по мнению Еврокомиссии, внедрение ИТС в транспортную систему происходит слишком медленно. Исключение – Швеция и Финляндия. Они единственные из европейских стран имеют планы создания ИТС интермодального характера. Правда, нельзя не отметить, что в финской стратегии перечисляются лишь мероприятия, связанные с различными видами транспорта, но создание единой системы для всех его видов она не предусматривает. В стратегии же Швеции такая задача хотя бы ставится [5]. Например, указывается, что ИТС уже давно используются в шведской транспортной системе, преимущественно на железных дорогах и в авиации, но под другими названиями, большинство же приложений к документу ориентировано на один вид транспорта. Это означает, помимо прочего, что и у шведов имеется много затруднений, которые нужно преодолеть для достижения нескольких мультимодальных транспортных решений. И перечень трудностей, которые связаны главным образом с обменом информацией, созданием интерфейсов и распределением ро-

лей, что характерно для большинства задач системной интеграции, тоже отработан.

Таким образом, есть все основания заключить, что понятие "интеллектуальная транспортная система" имеет два аспекта – научно-технический и формально-организационный, которые применительно к той или иной системе могут не совпадать. Иными словами, система, которая по техническим признакам в смысле вышеприведенного определения является ИТС, может иметь иное наименование, присвоенное ее создателями. И, наоборот, система, не соответствующая указанному определению, может именоваться интеллектуальной. Но этого, как представляется, в отечественной практике следует избегать.

Что касается различных видов транспорта, то, как было сказано, чаще всего под ИТС понимают систему, относящуюся к автомобильному транспорту, хотя встречаются и исключения. В нашей стране, судя по имеющимся публикациям, наряду с автотранспортными, разрабатываются и железнодорожные системы, соответствующие предложенному определению и в связи с этим именуемые интеллектуальными. Применительно же к воздушному и водному транспорту такое название используется редко, хотя не вызывает сомнений, что многие информационные системы этих направлений вполне обоснованно можно было бы отнести к интеллектуальным.

## Литература

1. ITS Strategy in Japan. Report of the ITS Strategy Committee ITS Japan. Summary version. ITS Strategy Committee, 2003.
2. Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the council of 7 July 2010 on the framework for the deployment of Intelligent Transport Systems in the field of road transport and for interfaces with other modes of transport.
3. Пржибыл П., Свитек М. Телематика на транспорте / пер. с чешского О. Бузек и В. Бузковой. Под ред. проф. В.В. Сильянова. М.: МАДИ (ГТУ), 2003.
4. Гапанович В.А., Розенберг И.Н. Основные направления развития интеллектуального железнодорожного транспорта // Железнодорожный транспорт. 2011. № 4.
5. Multimodal ITS strategy and action plan for Sweden. Swedish Road Administration. March 2010.

УДК 69.002.51.192:621.225.2

## ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГИДРОЦИЛИНДРОВ ДОРОЖНЫХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

**С.В. УСОВА**

Братский ГУ (3953. 37-79-92)

*Предложен метод и средство диагностирования гидроцилиндра по несущей способности, основанные на контроле в процессе диагностирования прогиба гидроцилиндра до приложения эксплуатационного продольного сжимающего усилия.*

**Ключевые слова:** гидроцилиндр, диагностика, прочность.

**Usova S.V.**

### DIAGNOSING OF BEARING ABILITY OF HYDROCYLINDERS OF ROAD AND BUILDING CONSTRUCTION MACHINERY

*The method and hydrocylinder diagnostic device on the bearing ability, based on the control in the course of diagnosing of a bending flexure of the hydrocylinder to the application of an operational longitudinal pressure load is offered.*

**Keywords:** hydrocylinder, diagnostic, strength.

В процессе эксплуатации гидроцилиндров дорожных и строительных машин выявлена довольно высокая вероятность повреждений сле-

дующих их элементов: у головки (гайки) гильзы – срыв резьбы; у ее корпуса – эллипсность и конусность, образование на уплотняемой поверх-

ности рисок, царапин и задилов, трещин и разрывов; у направляющих втулок и поршней – неравномерный по периметру и ширине износ трущихся поверхностей, образование на них царапин и задилов; у подшипников проушин – износ поверхностей скольжения, частичное или полное разрушение деталей; у проушины штока – срыв резьбы, обрыв самой проушины; у уплотнителей – старение материала, неравномерный по периметру и ширине износ герметизирующих поверхностей, появление на них рисок, царапин, разрывов; у штока – его изгиб, износ поверхностей, образование очагов коррозии, риск, царапин, задилов и вмятин, срыв резьбы. Анализ этих поврежденных указывает на то, что диагностирование гидроцилиндров, особенно повышенных типоразмеров, должно проводиться не только по параметрам герметичности, как то рекомен-

| № формулы | Формула  | Примечания   |
|-----------|--|--|
| 1         | $\sigma_i(x) = \frac{P}{F(x)} + \frac{M_Q(x)}{W(x)} + \frac{M_R(x)}{W(x)} + \frac{P e(x)}{W(x)} + \frac{P y_T(x)}{W(x)}$   | $P$ – предельная сжимающая нагрузка; $F_x$ – площадь поперечного сечения штока; $M_Q(x)$ – момент от поперечной нагрузки; $M_R(x)$ – момент, поворачивающий элемент гидроцилиндра в его опорах; $e(x)$ – эксцентриситет; $y_T$ – прогиб гидроцилиндра из-за его продольного нагружения   |
| 2         | $y_T(x) = y_\alpha(x) + y_\beta(x) + y_\gamma(x) + y_\delta(x) + y_R(x) + y_Q(x) + y_P(x) = y_{T0}(x) + y_\delta(x) + y_R(x) + y_P(x)$   | $y_i(x)$ – прогибы цилиндра вследствие наличия зазоров в уплотняемых сопряжениях, возможного начального искривления его длинномерных элементов, эксплуатационного искривления его штока, радиальной деформации корпуса под действием давления, поперечного нагружения и массы гидроцилиндра; наличия силового поворота в его опорах и продольного нагружения цилиндра; |
| 3         | $\sigma_i(x) \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{пч}}{k_s}$  | $\sigma_{пч}$ – предел прочности материала штока, $k_s$ – статистический коэффициент запаса прочности  |
| 4         | $k_s = \left( \frac{1}{1 - \omega_{\sigma_{пч}}^2 \Lambda^2} \right) + \sqrt{\left( \frac{1}{1 - \omega_{\sigma_{пч}}^2 \Lambda^2} \right) \left[ \left( \frac{1}{1 - \omega_{\sigma_i(x)}^2 \Lambda^2} \right) - (1 - \omega_{\sigma_i(x)}^2 \Lambda^2) \right]}$ | $\omega_{\sigma_{пч}}$ и $\omega_{\sigma_i(x)}$ – коэффициенты вариации предела $\sigma_{пч}$ прочности и текущих напряжений $\sigma_i(x)$ ; $\Lambda$ – квантиль нормального распределения  |
| 5         | $k_{s_{\min}} = \frac{\sigma_{пч}}{f(\sigma_{пч} - \Lambda \mu_{\sigma_{пч}})}$  | $\mu_{\sigma_{пч}}$ – среднее квадратическое отклонение предела $\sigma_{пч}$ ; $f$ – коэффициент безопасности   |
| 6         | $k_s = \frac{\sigma_{-1}}{\xi_\sigma \sigma_a + k_\sigma \sigma_m}$  | $\sigma_{-1}$ – предел выносливости материала; $\xi_\sigma = 1,399$ – коэффициент его снижения; $\sigma_a$ – амплитудное напряжение; $k_\sigma$ – коэффициент чувствительности материала к асимметрии цикла; $\sigma_m$ – средние напряжения цикла   |
| 7         | $\frac{ \sigma_{\max}  +  \sigma_{\min} }{2} = \frac{\sigma_{-1}}{\xi_\sigma}$   | $\sigma_{\max}$ – напряжение растяжения; $\sigma_{\min}$ – напряжение сжатия   |
| 8         | $k_s = \left( \frac{1}{1 - \omega_{\sigma_{-1}}^2 \Lambda^2} \right) + \sqrt{\left( \frac{1}{1 - \omega_{\sigma_{-1}}^2 \Lambda^2} \right) \left[ \left( \frac{1}{1 - \omega_{\sigma_a}^2 \Lambda^2} \right) - (1 - \omega_{\sigma_a}^2 \Lambda^2) \right]}$       | –  |
| 9         | $\sigma(x_\sigma, z^k, \Theta^k, p^k) < \frac{2 \sigma_{-1}}{k_s \xi_\sigma} - \sigma_{\max}(x_\sigma)$  | $x_\sigma$ – координата опасного сечения; $z^k$ – выдвигание штока; $\Theta^k$ – угол наклона гидроцилиндра к горизонту; $p^k$ – давление жидкости в гидросистеме  |
| 10        | $y_T^k(x_\sigma, z^k, \Theta^k, p^k) = \frac{1}{P^k} \left\{ W(x_\sigma) \left[ \sigma(x_\sigma, z^k, \Theta^k, p^k) - \frac{P^k}{F(x_\sigma)} \right] - M_Q(x_\sigma, z^k, \Theta^k, p^k) - P^k e(x_\sigma) \right\}$   | –  |
| 11        | $y_i(x_\sigma) \leq y_i^k(x_\sigma, z^k, \Theta^k, p^k)$   | $y_i(x_\sigma)$ – текущее (контролируемое) значение диагностического параметра $y_i^k(x_\sigma, z^k, \Theta^k, p^k)$ – его предельно допустимое значение   |

дует автор работы [1], но и по параметрам несущей (нагрузочной) способности [2]. Причем желательность – непосредственно в усло-

виях эксплуатации. И такая возможность есть.

Несущая способность, описываемая напряженно-деформированным

состоянием продольно и поперечно нагруженного гидроцилиндра и его длинномерных элементов, относительно напряжений  $\sigma_i(x)$ , возникаю-



щих в опасном сечении штока, и полного прогиба  $y_1(x)$  гидроцилиндра аналитически описывается [3] формулами № 1 и 2 (см. таблицу). При этом первое слагаемое формулы № 1 дает нормальное напряжение от действия продольной сжимающей нагрузки  $P$ ; второе — наибольшие напряжения сжатия, вызванные действием поперечной нагрузки  $M_Q(x)$ ; третье — напряжения сжатия, вызванные действием силового поворота элементов в опорах гидроцилиндра; четвертое и пятое — то же, вызванные дополнительным изгибом гидроцилиндра при наличии эксцентриситета  $e(x)$  в его опорах и действия продольного сжимающего усилия  $P$ . В формуле № 2 первое слагаемое — прогиб гидроцилиндра из-за наличия зазоров в уплотняемых сопряжениях; второе — то же в результате возможного начального искривления его длинномерных элементов; третье — то же вследствие эксплуатационного искривления его штока; четвертое — то же в результате радиальной деформации корпуса под давлением; пятое — то же вследствие его поперечного нагружения силой тяжести гидроцилиндра; шестое — то же в результате наличия силового поворота цилиндра в его опорных элементах; седьмое — то же вследствие его продольного нагружения.

В процессе эксплуатации повреждения элементов гидроцилиндра накапливаются и значения прогибов  $y_a(x)$ ,  $y_l(x)$ ,  $y_R(x)$  и  $y_p(x)$  возрастают, что приводит к росту величин третьего, четвертого и пятого слагаемых формулы № 1 и собственно напряжений  $\sigma_i(x)$ . Во избежание отказа рост последнего должен ограничиваться [4] условием, записанным в виде формулы № 3.

Далее. Так как стохастическая природа нагрузки определяется совокупностью большого числа возмущений, то эту нагрузку можно принять распределенной по нормальному закону. Несущая же способность, к возмущающим факторам которой относятся физико-механические характеристики металлов и размеры элементов, случайная природа которых обусловлена прежде всего неоднородностью свойств металлов, погрешностью производства, допусками и т.д., также можно считать нормально распределенной. Тогда по аналогии с выражением (4.19) в работе [4] для принятой вероятности неразрушения его коэффициент  $k_S$  определяется по формуле № 4. Правда, при этом не следует забывать, что величина  $k_S$  не должна превышать значение минимально необходимого коэффициента запаса прочности, определяемого по формуле № 5.

Численный анализ формулы № 1, выполненный применительно к одному из реальных штоков, показал [2],

что возникновение остаточной деформации штока стало возможным при напряжениях  $\sigma_i = 240,6$  МПа, т.е. напряжениях, значительно меньших пределов текучести ( $\sigma_T$ ) и упругости ( $\sigma_y$ ), при которых она ожидалась. Очевидно, что в данном случае разрушение (появление остаточной деформации) штока произошло в результате постепенного накопления поврежденный металла, приведшего к необратимому изменению его физико-химических свойств. Другими словами, вследствие усталостного разрушения.

Для проверки этого предположения рассмотрим цикл нагружения штоков гидроцилиндров рабочего оборудования, например, одноковшовых строительных экскаваторов.

Данный цикл явно асимметричен. Максимальные отрицательные сжимающие напряжения  $\sigma_{\max}$ , вычисленные по формуле № 1 как текущие значения  $\sigma_i(x)$ , были взяты те же, что и авторами работы [2], т.е. 240,6 МПа. Ясно, что наименьшие положительные напряжения  $\sigma_{\min}$  растяжения (с учетом конструктивных особенностей (например, гидроцилиндров стрелы экскаваторов IV размерной группы) и параметров их цикла экскавации определяются по сумме первых двух слагаемых формулы № 1 и составляли для рассматриваемого случая 35,67 МПа. Тогда средние напряжения  $\sigma_m$  цикла оказываются равными 102,14 МПа, являясь отрицательными, а амплитудные напряжения  $\sigma_a = 138,14$  МПа. Эти напряжения связаны с пределом  $\sigma_T$  выносливости материала штока формулой № 6.

Принимая во внимание тот факт, что при отрицательных средних напряжениях  $\sigma_m$  коэффициент  $k_S$  следует полагать равным нулю, преобразуем формулу № 6, расписав напряжения  $\sigma_a$  в соответствии с работой [5] и приняв коэффициент  $k_S$  равным единице. В итоге получим формулу № 7, количественный анализ которой показывает: значение левой части (138,145 МПа) при напряжении  $\sigma_i(x)$  превышает величину правой (135,80 МПа), характеризующей минимальным пределом  $\sigma_{-1}$  выносливости (190 МПа). Таким образом, величину последнего параметра в формуле № 1, необходимую для поиска предельного значения диагностического параметра, следует назначать, используя предел  $\sigma_{-1}$  выносливости.

С учетом этого формула № 4 примет вид формулы № 8.

Численный анализ основных положений работы [5] позволил установить величину коэффициента  $\omega_{\sigma_a}$  вариации напряжений  $\sigma_a$ ; она составила 0,25. При этом коэффициент  $\omega_{\sigma_{-1}}$  вариации предела  $\sigma_{-1}$  принят равным 0,1.

После подстановки полученных характеристик разброса в формулу № 8 требуемый коэффициент  $k_S$  запаса, обеспечивающий условие неперевышения с надежностью 0,95, составил 1,478, что больше минимального  $k_{S \min}$ , равного 1,197 [2].

После подстановки в формулу № 7 всех известных характеристик с учетом параметров критического нагружения гидроцилиндра в точке  $x_c$  условие его безопасного состояния приняло вид формулы № 9.

Максимальные амплитудные напряжения  $\sigma_a$ , вычисленные по формуле № 6, для гидроцилиндров экскаваторов IV размерной группы составили 116,06 МПа. Тогда, если воспользоваться формулой (13.2) из работы [5] при известных напряжениях  $\sigma_{\max}(x_c)$ , значение максимального предельного напряжения  $\sigma(x_c, z^k, \Theta^k, p^k)$  сжатия получается равным 213,08 МПа.

С учетом этой величины напряжения сжатия предельное значение прогиба  $y_T^k(x_c, z^k, \Theta^k, p^k)$ , являющегося диагностическим параметром несущей способности гидроцилиндра, согласно формуле № 10, для гидроцилиндров стрелы, рукояти и ковша экскаватора ЭО-4121А при номинальном их нагружении и горизонтальном расположении с максимально выдвинутым штоком составило соответственно  $2,590 \cdot 10^{-2}$ ,  $2,390 \cdot 10^{-2}$  и  $2,939 \cdot 10^{-2}$  м, а с учетом параметров их критического нагружения —  $5,287 \cdot 10^{-2}$ ,  $1,940 \cdot 10^{-2}$  и  $2,596 \cdot 10^{-2}$  м.

Принимая во внимание все, что сказано выше, решающее правило диагностирования гидроцилиндра по несущей способности можно записать в виде формулы № 11.

Характеризуя с позиций теорий диагностирования технические возможности  $y_i(x_c)$ , нужно отметить следующее.

Во-первых, параметр  $y_i(x_c)$  — однозначный, так как ни он сам, ни описываемые им напряжения  $\sigma(x_c, z^k, \Theta^k, p^k)$  не имеют экстремумов на пути их эволюции от начальных значений до предельных.

Во-вторых, он стабилен, т.е. может быть неоднократно воспроизведен с минимальным рассеиванием при неизменных условиях измерения.

В-третьих, он незатухающий, так как его связь со структурными параметрами и критерием состояния  $\sigma(x_c, z^k, \Theta^k, p^k)$  не нарушается с течением времени.

В-четвертых, он, как доказал автор работы [2], удовлетворяет требованию чувствительности с достаточно высоким уровнем.

В-пятых, он удовлетворяет требованию информативности, так как оценивает те два практически единственных случайных параметра,  $y_a(x)$  и  $y_l(x)$ , вхо-

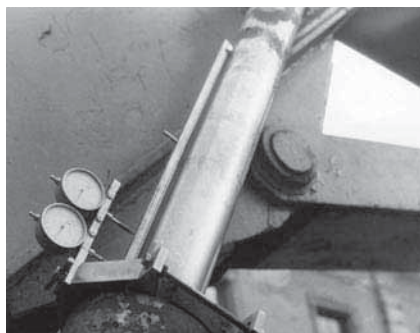
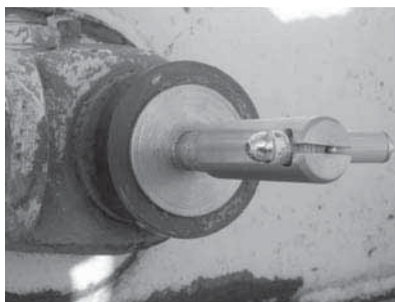


Рис. 1. Контактное переносное диагностическое устройство для контроля несущей способности гидроцилиндров дорожных и строительных машин

дящих в формулу № 2, которая характеризует несущую способность гидроцилиндра и приближает оставшуюся после диагностирования энтропию к нулю.

К сожалению, диагностирование гидроцилиндров по параметру  $y_i(x_\sigma)$  с позиций безопасности возможно лишь при наличии в машине встроенной диагностической системы. (Например, системы, основанной на контроле величины магнитного сопротивления воздушного зазора между датчиком и поверхностью штока.) Если такой системы нет, то диагностирование несущей способности рекомендуется [2] проводить по текущему параметру  $y_{\text{ТО}}^k(x_\sigma)$ , который связывает с предельным значением  $y_{\text{ТО}}^k(x_\sigma, z^k, \Theta^k, p^k)$ , описывающим деформацию гидроцилиндра до приложения продольного сжимающего усилия  $P$ , с величиной  $y_r^k(x_\sigma, z^k, \Theta^k, p^k)$ , вычисленной по формуле № 2. (Для определения численных значений величины  $y_{\text{ТО}}^k(x_\sigma, z^k, \Theta^k, p^k)$  может быть использована, в частности, программа, представленная в работе [2]).

Окончательно назначенный диагностический параметр  $y_{\text{ТО}}^k(x_\sigma)$ , кроме прочих перечисленных выше технических возможностей, удовлетворяет и требованиям доступности, удобству измерений и технологичности, так как даже будучи дискретно контролируемым, может быть легко установлен для конкретных гидроцилиндров, доступ к которым, как правило, не затруднен и, что не менее важно, безопасно и без вмешательства в гидросистему. Для измерения его на практике может использоваться контактное переносное устройство, описанное в работе [6]. Однако с точки зрения достоверности оценки диагностического параметра  $y_{\text{ТО}}^k(x_\sigma)$  более эффективно рассматриваемое ниже контактное переносное устройство (рис. 1).



а)



б)

Рис. 2. Расположение лазерного излучателя (а) и конечного приемника (б) на проушине гильзы гидроцилиндра

Это устройство включает излучатель, в качестве которого может использоваться лазерная указка, и два приемника — конечный и промежуточный. Все эти элементы закрепляются на диагностируемом гидроцилиндре с помощью постоянных магнитов и имеют соответствующие формы опорных поверхностей. Устанавливаются они следующим образом.

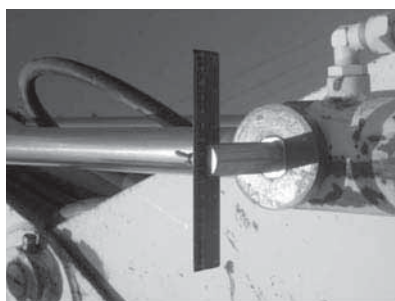
Излучатель — на опоре корпуса (гильзы) гидроцилиндра, на торцевой поверхности крепежного пальца проушины, и фиксируется относительно его центрирующего отверстия (рис. 2, а). Конечный приемник — там же, с центрированием относительно проушины штока (рис. 2, б). При этом взаимное расположение полусфер опор излучателя и конечного приемника таково, что обеспечивает изменение их углового положения относительно друг друга и гидроцилиндра в двух плоскостях.

Промежуточный приемник, опора которого выполнена в виде "ласточкин хвоста", что обеспечивает его расположение строго перпендикулярно оси абсцисс, крепится на гильзе вблизи ее крышки (рис. 3, а). Луч лазера проецируется на промежуточный приемник в виде сетки, по линиям которой последний с помощью специального приспособления или уровней мо-

жет быть сориентирован по оси ординат в поперечной плоскости гидроцилиндра (рис. 3, б).

Экспресс-диагностирование с использованием рассмотренных метода и устройства осуществляется в три этапа.

На первом луч лазера фокусируют в центре шкалы конечного приемника (см. рис. 3, б). Тем самым строят ось абсцисс, являющуюся линией отсчета параметра  $y_{\text{ТО}}^k(x_\sigma)$ . На втором промежуточный приемник устанавливают на гильзу вблизи ее крышки, абсцисса которой близка к координате  $x_\sigma$  опасного сечения, и по сетке либо уровням выверяют положение приемника относительно оси ординат. На третьем выполняются замер диагностического параметра, обработка результатов с использованием положений математической статистики с целью получения достоверной оценки и по решающему правилу (формула № 11) вырабатывается прогноз. Накопленный таким образом в процессе диагностирования массив статистической информации дает возможность прогнозировать изменение технического состояния любого гидроцилиндра и тем самым реализовать на практике преимущества внедрения диагностирования в процесс технического обслуживания и ремонта машин.



а)



б)

Рис. 3. Положение промежуточного приемника на гильзе гидроцилиндра (а) и проекция луча лазера на этом приемнике (б)

## Литература

1. Буренин В.В. Герметизация подвижных соединений гидроцилиндров строительных и дорожных машин // Строительные и дорожные машины. 1993. № 6. С. 22–25.
2. Кобзов Д.Ю. Диагностирование гидроцилиндров рабочего оборудования одноковшовых строительных экскаваторов: Дисс. ... к.т.н. / ЛИСИ, Л., 1987. – 345 с.
3. Кобзов Д.Ю., Плешивцева С.В., Трофимов А.А., Лхананг Д., Жмуров В.В. Аналитическое представление несущей способности гидроцилиндров машин. Труды Братского государственного университета. – Том 2. – Братск: ГОУ ВПО «БрГТУ», 2003. С. 47–51 (Естественные и научные науки – развитию регионов).
4. Сырицин Т.А. Надежность гидро- и пневмопривода. М.: Машиностроение, 1981. – 216 с.
5. Любошиц М.И., Ицкович Г.М. Справочник по сопротивлению материалов. – 2-е изд. испр. и доп. – Минск: Высшая школа, 1969. – 464 с.
6. Алексеев П.Д., Кобзов Д.Ю., Сергеев А.П., Краснов А.Н. Диагностирование гидроцилиндров строительных экскаваторов // Современные направления развития технологии, организации обслуживания и ремонта строительных машин / ЛДНТП.-Л., 1988. – 8 с.

УДК 621.43.044.7

## ТРИ ВАРИАНТА ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ АВТОМОБИЛЯ "УРАЛ-4320-31"

Т.Н. ЛЕБЕДЕВ, кандидаты техн. наук А.Г. КАРТУКОВ и В.Ю. ГУМЕЛЕВ

Рязанский ВВДКУ (военный институт) (906. 542-38-00)

*Описываются порядок установки штатных батарей на основной армейский автомобиль "УРАЛ-4320-31", а также особенности установки на него батарей-модулей и использования молекулярных накопителей энергии.*

**Ключевые слова:** источник питания, аккумуляторная батарея, батарея-модуль, энергоблок, молекулярный накопитель энергии.

Lebedev T.N., Kartukov A.G., Gumelyov V.Yu.

### THREE VARIANTS OF SETTING SOURCES NOURISHMENT ON THE AUTOMOBILE "URAL-4320-31"

*The order of setting of batteries on the staff on the principal army's car URAL-4320-31 and peculiarities of setting modulus-batteries on it and using molecular accumulators of energy are described.*

**Keywords:** sources of nourishment, storage batteries, modulus-batteries, block of energy, molecular accumulators of energy.

Армейский автомобиль "Урал-4320-31" оснащается двумя последовательно соединенными свинцовыми стартерными аккумуляторными батареями типа 6СТ-190 в исполнении 6СТ-190А, 6СТ-190ТМ или 6СТ-190ТР, залитые электролитом. Но по особому требованию эти батареи могут быть и сухозаряженными [1]. И те, и другие размещают в контейнере, который располагается под кабиной, с правой стороны по ходу движения автомобиля.

Контейнер 10 (рис. 1) имеет две боковые и одну среднюю опоры, а сами батареи крепятся в нем двумя верхними прижимами 13 и передним упором 4. Эти прижимы

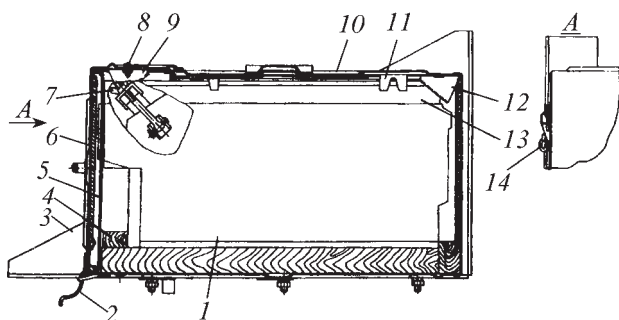


Рис. 1. Установка аккумуляторных батарей на автомобиле "Урал-4320-31":

1 – аккумуляторная батарея; 2 – скоба; 3 – кронштейн контейнера; 4 – передний упор; 5 – усилитель корпуса ящика; 6 – крышка контейнера; 7 – гайка-барашек; 8 – болт; 9, 12 – передний и задний клиновые упоры; 10 – контейнер; 11 – направляющая; 13 – верхний прижим; 14 – кольцо замка

фиксируются передними (9) и задним (12) клиновыми упорами, первые из которых выполнены регулируемые и закреплены на крышке 6 контейнера болтами 8, а второй приварен в верхней задней части контейнера.

На верхней панели контейнера предусмотрены направляющие 11, обеспечивающие правильную установку прижима 13 относительно упоров 9 и 12.

Чтобы подготовить аккумуляторные батареи к техническому обслуживанию, необходимо отключить их от бортовой электросети, переводя соответствующий выключатель, расположенный рядом с контейнером, в положение "выключено"; снять пружинное кольцо 14 и открыть замки крышки 6; приподнять крышку вверх, откинуть ее на кронштейн 3 и убедиться в надежной ее фиксации в горизонтальном положении; ослабить крепление проводов и перемычку между батареями, предварительно сняв, если они предусмотрены конструкцией, кожухи полюсных выводов батарей; поднять один конец упора 4 до выхода его из-за усилителя 5 и вынуть его из контейнера; извлечь верхние прижимы 13 из контейнера (если прижим зажат между батареей 1 и задним клиновым упором 12, то придется воспользоваться отверткой или бородком); выдвинуть батареи на откидную крышку 6 контейнера. Если батареи необходимо удалить с автомобиля, то нужно, кроме того, снять эту крышку с контейнера, а провода отсоединить от полюсных выводов.

Устанавливаются батареи на автомобиль и крепятся в контейнере в обратной последовательности. При этом очень важно, чтобы верхние прижимы были установлены в

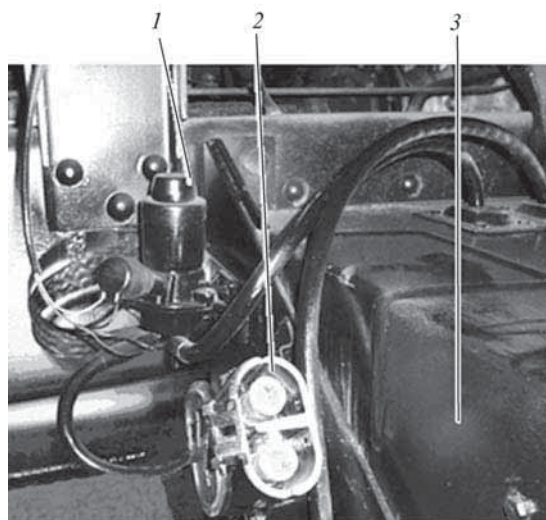


Рис. 2. Расположение выключателя аккумуляторных батарей и розетки внешнего пуска на автомобиле:

1 – выключатель 1402.3737; 2 – розетка внешнего пуска (ПС-315); 3 – контейнер аккумуляторных батарей



направляющие 11. В противном случае прижим 13 не будет взаимодействовать с клиновыми упорами 9 и 12, и батарея не будет закреплена. При установке и закреплении батареи нельзя допускать деформации направляющих, а также резких перегибов проводов, идущих к стартеру и выключателю, их контактов с металлическими деталями контейнера.

После установки батарей на автомобиль необходимо отрегулировать положение передних клиновых упоров 9, т.е. ослабить затяжку болтов 8, переместить упоры 9 по удлиненным отверстиям крышки от себя и затянуть болты.

Рядом с контейнером на его кронштейне располагаются не только выключатель батарей, но и розетка (рис. 2), которая закрывается крышкой и предназначена для пуска, при необходимости, двигателя от другого автомобиля с работающим двигателем.

Положение ("включено—выключено") выключателя аккумуляторных батарей задается либо дистанционно, нажатием кнопки, расположенной на панели приборов в кабине автомобиля, либо непосредственно нажав на кнопку под резиновым чехлом, входящую в состав конструкции самого выключателя. Отсутствие контакта в выключателе проверя-



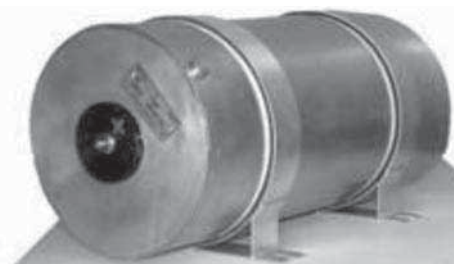
Рис. 3. Комбинированный полюсный вывод батареи-модуля:  
1 – шпилька; 2 – гайка; 3 – проушина

ется путем переключения его выводов проводником: если включенные энергопотребители не срабатывают, то выключатель нужно разобрать и зачистить его контакты.

Таковы стандартные источники электропитания и их размещение на автомобиле "Урал-4320-31". Но на нем могут применяться и четыре параллельно-последовательно соединенные батареи-модули 6ТСТС-100А (6ТСТС-100А3), основой каждого из которых является необслуживаемая аккумуляторная батарея типа 6ТСТС-100А [2]. Полюсные выводы этих батарей-модулей – комбинированные: каждый из них представляет собой (рис. 3) проушину 3 с отверстием под болт М10 и параллельно подсоединенную к ней стальную шпильку 1 с резьбой М10, предназначенную для подсоединения наконечников соединительных проводов. Такие полюсные выводы значительно упрощают параллельно-последовательное соединение батарей-модулей при их установке на автомобиль. Кроме того, длина батареи 6ТСТС-100А равна половине длины батареи 6СТ-190, поэтому четыре батареи легко размещаются в том же стандартном контейнере, а их сьем–установка осуществляется по той же стандартной технологии.

Для обеспечения электростартерного пуска двигателя при температурах 223 К (–50 °С) на автомобиле может использоваться и энергоблок, который состоит из молекулярного накопителя энергии, двух последовательно соединенных батарей-модулей 6ТСТС-100А и соответствующей коммутирующей аппаратуры. То есть представляет собой систему, выполненную по второму из двух рассмотренных выше вариантов с добавлением молекулярного накопителя энергии (МНЭ).

Рис. 4. Молекулярный накопитель энергии МНЭ-120/28



Такой накопитель – набор симметричных двухслойных суперконденсаторов биполярной конструкции, изготовленных на основе активированного угля и щелочного электролита [3].

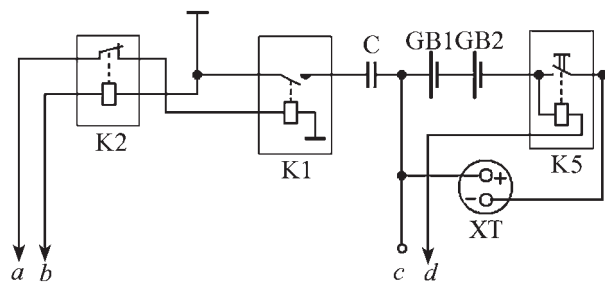


Рис. 5. Электрическая схема подключения энергоблока с МНЭ к бортовой сети автомобиля "Урал-4320-31":

GB1; GB2 – аккумуляторные батареи-модули; С – молекулярный накопитель энергии; ХТ – розетка внешнего пуска; К1 – контактор (реле включения молекулярного накопителя энергии); К2 – управляющее реле; К5 – выключатель массы; а, b, d – штекерные разъемы; с – наконечник стартерного привода

Молекулярный накопитель энергии имеет форму цилиндра (рис. 4), выполнен из коррозионно-стойкого металла, герметичен, вибро- и ударопрочен, пожаро- и взрывобезопасен. Его электрическая емкость достигает 400 Ф, время заряда от аккумуляторных батарей системы электроснабжения автомобиля не превышает 40 с, отдаваемая мощность на порядок выше, чем у штатных батарей. Накопитель не требует обслуживания при эксплуатации, его срок службы достигает 15 лет; специальных требований по его установке не предъявляется. То есть его можно размещать в любом удобном для этой цели месте.

Молекулярный накопитель энергии подключается параллельно к аккумуляторным батареям только при пуске двигателя, после чего автоматически отключается. Его разъем а подключается (рис. 5) к клемме "К3" выключателя стартера и приборов, разъем b – к выводу Д генератора, наконечник с стартерного провода – к стартеру (к клемме тягового реле), разъем d – к кнопке дистанционного управления выключателем аккумуляторных батарей.

#### Литература

1. Руководство по эксплуатации автомобилей семейства "Мотовоз-1". Рязань: Министерство обороны Российской Федерации. Главное автобронетанковое управление, 2006. 284 с.
2. Лебедев С.А. Альтернативные источники тока для систем электро-стартерного пуска ДВС / С.А. Лебедев, В.С. Антипенко // Автомобильная промышленность. 2009. № 11. С. 25–35.
3. Накопители энергии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ganzfeld.narod.ru>, свободный. Загл. с экрана.



УДК 658.310.3

## ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ КОНТРОЛЛЕРЫ – СРЕДСТВО ИНТЕГРАЦИИ АСУТП И ИСУ ПРЕДПРИЯТИЯ

Э.Ш. ЗИГАНШИН

ИНЭКА (8552. 39-66-02)

*Рассматривается функционал программируемых логических контроллеров, применяемых в составе автоматизированных систем управления технологическими процессами.*

**Ключевые слова:** машиностроительное предприятие, интеграция, промышленный контроллер, автоматизированная система управления технологическими процессами, информационная система управления предприятием, бизнес-процесс.

Ziganshin E.Sh.

### PROGRAMMABLE LOGICAL CONTROLLERS – RESOURCES OF INTEGRATION OF ASUTP AND ISU OF ENTERPRISE

*Functionality of programmable logical controllers within process control systems are described.*

**Keywords:** mechanical engineering enterprise, integration, programmable logical controllers, control system, enterprise information control system, business-process, economical effect.

Функционирование современного машиностроительного предприятия, что особенно ярко доказано последним двадцатилетием, невозможно без применения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП). Причем к последним автор относит не только какие-то АСУ организационного плана, но и станки с ЧПУ. И обрабатывающие центры, и автоматизированные конвейерные линии, и системы автоматизации вспомогательных процессов и т.п. То есть чисто технологические аспекты проблемы. И с этой точки зрения, по его мнению, особого внимания заслуживают пять таких аспектов – контроль за состоянием технологического оборудования, отображение хода технологических процессов, управление этими процессами, сбор, обработка и хранение данных о ходе технологических процессов (технологических показателей, аварий и др. событий), предоставление отчетной информации. И такой набор не случаен. Он обусловлен тем, что деятельность современного предприятия представляет собой совокупность взаимосвязанных бизнес-процессов, каждый из которых есть совокупность [1] последовательно-параллельно взаимосвязанных бизнес-задач. Эти задачи, в свою очередь, делятся на четыре класса: аналитические, организационные, технологические и учетные.

В современных условиях (обилие компьютеров) информационная система управления (ИСУ), безусловно, автоматизирует выполнение аналитических, организационных и учетных бизнес-задач предприятия. И, столь же безусловно, представляет собой инструмент автоматизации выполнения технологических бизнес-задач предприятия [2]. Но при этом неизбежна проблема интеграции данной системы и АСУТП, потому что без нее автоматический либо автоматизированный информационный обмен

внутри цикла выполнения аналитических, организационных, технологических и учетных задач невозможен.

Дело в том, что средствами нынешних АСУТП реализуются не все технологические бизнес-задачи, а лишь те, выполнение которых может осуществлять технологическое оборудование и где может быть применена вычислительная техника.

И это вполне объяснимо. Ведь любая современная АСУТП строится на базе промышленных контроллеров, которые реализуют функции управляющей вычислительной машины. Причем их настолько много, что они уже развозвали целую систему. Их можно даже классифицировать. Например, по функциональности (с жестким алгоритмом работы; программируемые), исполнению (моноблочные; модульные; встраиваемые), архитектуре (на базе РС-совместимых компьютеров, собственно персональные компьютеры), числу ЦПУ (однопроцессорные; многопроцессорные), техническим характеристикам (тактовой частоте ЦПУ, числу подключаемых входов, выходов и коммуникационных подключений, объему памяти, возможностям программирования), наличию обратной связи (есть или нет); способу программирования (с помощью программатора или персонального компьютера); возможности работы с входами и выходами (обрабатывающие и генерирующие только дискретные сигналы, или дискретные и аналоговые).

Как видим, неопределенностей здесь больше, чем хотелось бы. Но их можно устранить. И чтобы убедиться в этом, рассмотрим типовую структуру однопроцессорного программируемого логического (промышленного) контроллера в составе АСУТП (рис. 1).

Как известно, базовый функционал промышленных контроллеров сначала включал прием, обработку и выдачу на индикаторное устройство зафиксированных сигналов. Затем список его функций расширился: он начал передавать технологические параметры процесса на АРМ оператора или пульт управления, а также приобрел способность хранить архивную информацию и передавать ее по запросу на верхний уровень. Нельзя забывать и о том, что АСУТП может выполнять не только чисто технологические бизнес-процессы, но и связанные с ними учетные бизнес-за-

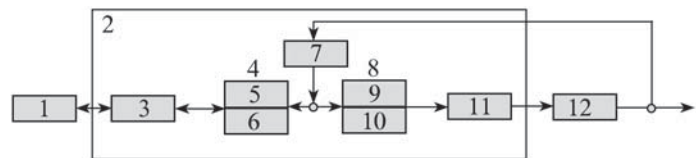


Рис. 1. Структура однопроцессорного программируемого логического контроллера в составе АСУТП:

1 – автоматизированное рабочее место (АРМ); 2 – программируемый логический контроллер (ПЛК); 3 – устройство ввода-вывода; 4 – запоминающее устройство; 5 – оперативное запоминающее устройство; 6 – постоянное запоминающее устройство; 7 – модуль обработки технологической информации; 8 – центральный процессор; 9 – арифметико-логическое устройство; 10 – управляющее устройство; 11 – устройство связи с технологическим объектом; 12 – технологический объект

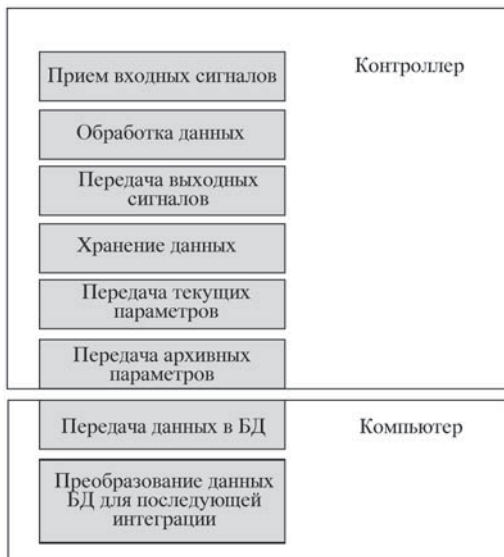


Рис. 2. Функции контроллера и компьютера в стандартной АСУТП

Рис. 4. Структура программируемого логического контроллера в структуре АСУТП, интегрированной в ИСУ предприятия:

1 – автоматизированное рабочее место; 2 – база данных; 3 – программируемый логический контроллер; 4 – устройство ввода–вывода; 5 – запоминающие устройства; 6 – оперативное запоминающее устройство; 7 – постоянное запоминающее устройство; 8 – модуль обработки технологической информации; 9 – модуль обработки учетной информации; 10 – центральный процессор; 11 – арифметико-логическое устройство; 12 – управляющее устройство; 13 – устройство связи с технологическим объектом; 14 – технологический объект

дачи, результаты которых выражаются в конечном итоге в занесении учетной информации в базу данных. Поэтому и родилась задача интеграции АСУТП и ИСУ, решение которой предполагает выполнение дополнительных функций преобразования данных технологического процесса в вид, пригодный для ИСУ для последующей передачи в базу данных последней.

Как правило, эти функции выполняются с помощью компьютера (рис. 2) в случае АСУТП. Но автор предлагает организационно-логическую сущность этих функций представить несколько иначе (рис. 3): включить в них функции по интеграции данных с ИСУ предприятия.

Выгоды здесь очевидны: программируемый логический контроллер управляет технологическим объектом, поэтому, в отличие от АРМ оператора, более защищен от сбоев. В этой связи выполнение функций по передаче данных для ИСУ необходимо инкапсулировать внутри программируе-

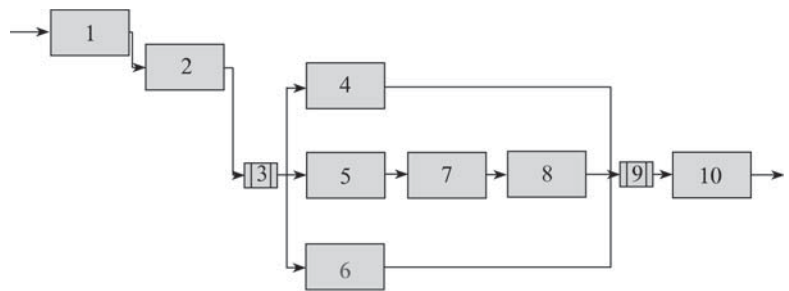
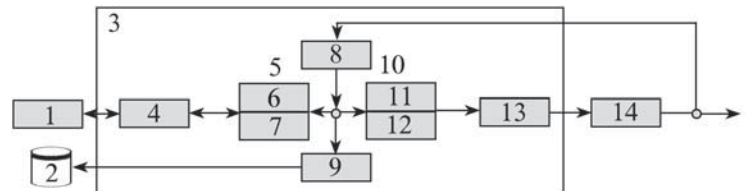


Рис. 3. Функции контроллера и компьютера, предлагаемые автором статьи:

1 – прием входных сигналов; 2 – обработка входных сигналов; 3, 9 – синхронное "ИЛИ" (все следующие процессы запускаются одновременно); 4, 6 – передача выходных сигналов; 5 – хранение данных; 7 – передача данных в их базу; 8 – преобразование данных, имеющихся в их базе, для последующей их интеграции; 10 – передача архивных параметров

мого логического контроллера, для чего следует предъявить соответствующие требования к функциональности последнего. Нужно также, чтобы в его состав входило устройство, которое анализировало бы технологические параметры, данные ввода–вывода и другую информацию, необходимые для последующей передачи в базу данных



ИСУ. Это устройство условно можно назвать модулем обработки учетной информации (МОУИ). В этом случае получается структурная схема ПЛК, представленная на рис. 4. Конструктивно МОУИ ПЛК можно выполнить в виде отдельного модульного блока, платы расширения либо в виде микросхемы (для моноблочных и встраиваемых видов ПЛК).

Но в любом случае в качестве МОУИ выступает схема обработки учетной информации, которая получает данные со всех устройств ввода–вывода опосредованно, через схему контроля и управления, и с устройств памяти, хранящих в себе кратковременные архивы технологических параметров, а также протоколы работы контроллера.

Разработка ПЛК с МОУИ позволяет в кратчайшие сроки внедрять на предприятиях автомобилестроения АСУТП, интегрированные с ИСУ, что, в свою очередь, дает им возможность решить важнейшие задачи, влияющие на их конкурентоспособность.

## ВНИМАНИЕ!

Напоминаем: направлять статьи и вести переписку с редакцией быстрее и удобнее с помощью электронной почты.

Наш адрес: [avtoprom@mashin.ru](mailto:avtoprom@mashin.ru); [avtoprom@aport.ru](mailto:avtoprom@aport.ru)



## ШТАМПОВКА ЛЕГКОСПЛАВНЫХ ДИСКОВ КОЛЕС САМОЛЕТОВ И НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Д-р техн. наук **В.М. ВОРОБЬЕВ**  
МАТИ (499. 188-84-44)

*Изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований по разработке научно обоснованных методик технологических процессов аксиального выдавливания (вдавливанию) при изготовлении для транспортных средств легкосплавных дисков колес с повышенной способностью противодействовать ударным нагрузкам, возникающим от дорожных неровностей.*

**Ключевые слова:** моноштампованные диски, колеса, моноштампованные полудиски, летательные аппараты, аксиальное выдавливание (вдавливание), подвижные элементы штампа.

Vorobiov V.M.

### PRESS FORMING OF LIGHT-ALLOY DISKS OF WHEELS FOR AIRPLANES AND VEHICLES

*Article introduces results of theoretical and experimental research, which worked out scientifically based methods of technological processes of axial extrusion (indenting) while producing light-alloy disks of wheels for vehicles. Disks possess the raised ability to react against the shock loadings arising from road roughness.*

**Keywords:** monostamped disks, wheels, monostamped semidisks, flying machines, axial extrusion (indenting), mobile elements of a stamp.

В настоящее время преобладающими технологиями изготовления автомобильных дисков из цветных сплавов типа АЛ9 (АК7) является литье, а из деформируемых алюминиевых сплавов АК6 — объемная штамповка. Авиационные же диски колес шасси делают, как правило, из сплавов на основе магния (МА2), алюминия (АК2) или титана (ВТ6). Причем исключительно объемной штамповкой.

Цель в обоих случаях одна и та же: за счет легкого материала уменьшить массу диска, а благодаря хорошим механическим свойствам материалов — повысить его эксплуатационную надежность. Например, по данным фирмы "Алкоа", переход со штампованных стальных на штампованные диски из алюминиевых сплавов снижает массу автопеда более чем на 600 кг. Кроме того, современные высокопрочные алюминиевые сплавы имеют механические свойства на уровне конструкционных сталей, а в штампованных дисках эти свойства в результате направленности волокна оказываются даже на 10...15 % выше. Если же взять диски, отштампованные из титановых сплавов типа ВТ6, то они и по массе, и по прочности еще больше превосходят традиционные стальные штампованные диски.

Таким образом, можно сделать вывод: диски колес из легких сплавов для транспортных средств необходимо изготавливать методами объемной штамповки. Причем наиболее приемлемым из них следует считать, по мнению автора, аксиальное выдавливание. И вот почему.

Во-первых, этот метод давно и хорошо освоен. Например, процессы формоизменения колец подшипников, выполняемых из трубных заготовок, широко применяются в промышленности. Базируются эти процессы на одноразъемных штампах и горизонтально-ковочных машинах, где усилия деформирования передаются именно в аксиальном (осевом) направлении.

Во-вторых, при формоизменении деталей на многоплунжерных прессах метод выдавливания деформируемого металла в аксиальном (осевом) направлении, перпендикулярном основному усилию деформирования, от периферии к центру заготовки, — тоже обычный. (Примером может служить штамповка самолетных стоек шасси с гидравлическим приводом для всех летательных аппаратов фирмы "Боинг".)

В-третьих, принцип аксиального, противоположного радиальному, выдавливания в многоразъемных (с тремя, че-

тырьмя и т.д. разъемами) штампах дает возможность изготовлять сложные поковки типа дисков колес любых транспортных средств — авиационных, автомобильных и т.д.

В-четвертых, в отличие от формоизменения в многоразъемных штампах, где штамповые вставки в процессе деформирования неподвижны, при аксиальном выдавливании эти вставки, наоборот, подвижны, двигаются вовнутрь, от периферии к оси системы, за счет чего довольно легко идет кольцевое оформление диска колеса. Его можно выполнить за два технологических перехода, а если поменять схему формоизменения, то и за один. Все дело в том, что аксиальное давление секционных вставок обеспечивает формоизменение к центру системы, при котором часть осевого усилия оформляет верхнюю часть штамповки диска.

Учитывая сказанное выше, автор разработал (пат. № 2015786, РФ) свой вариант метода изготовления цельноштампованных дисков колес автомобилей.

Этот метод включает два технологических перехода, которые обеспечивает штамп с неподвижной нижней и подвижной верхней частями, выполненными в виде сцентрированных относительно друг друга колонками плит с установленным на нижней из них пуансоном, имеющим профиль гравюры для окончательного формообразования внутренней полости диска колеса, и матрицей, состоящей из не менее пяти секционных вставок, примыкающих друг к другу своими плоскими боковыми поверхностями. Внутренние рабочие поверхности вставок образуют гравюру для оформления боковой и торцевой стенок диска. Эти вставки установлены в направляющих Т-образных пазах нижней плиты.

Элемент перемещения секционных вставок матрицы к пуансону расположен в зоне подвижной верхней части, взаимодействуя профилированной поверхностью с наружными нерабочими поверхностями вставок. Средства возврата последних в исходное положение выполнены в виде упругих элементов (пружин) расчетной жесткости, расположенных в гнездах каждой вставки.

Упоры, ограничивающие перемещения вставок, размещены на нижней плите, а выталкиватель — в пуансоне. Сменная матрица первого технологического перехода деформирования заготовки монтируется на верхней плите.

Профилированная поверхность элемента перемещения секционных вставок к пуансону образована конической выточкой, а наружные нерабочие поверхности этих вставок выполнены с ответным коническим профилем, при этом оси центров их гнезд расположены на уровне внутренней полки направляющих Т-образных пазов. Кроме того, штамп снабжен промежуточной плитой, смонтированной между плитой верхней и матрицей; выточка расположена в промежуточной плите.

Инструментальный узел штампа с матрицей первого перехода показан на рис. 1, а, с матрицей второго перехода — на рис. 1, б, а получающиеся с его помощью диски автомобильных колес — на рис. 2.

Технология изготовления цельноштампованных дисков сводится к следующему.

В штамп, который, как сказано выше, содержит неподвижную нижнюю 10 и подвижную верхнюю 6 части, сцентрированные колонками 12 относительно друг друга. На нижней из них располагается пуансон 8 с выталкивателем 11 внутри него, имеющий профиль гравюры для формообразования внутренней полости диска колеса. На первом переходе закладывается круглая заготовка заданного диаметра. Здесь она и формируется пуансоном в поковку первого перехода (рис. 2, а). Для окончательного же формообразования изделия на втором переходе используется сборная матрица 7 в виде разъемных раздвижных секционных вставок, которая монтируется на нижней плите.

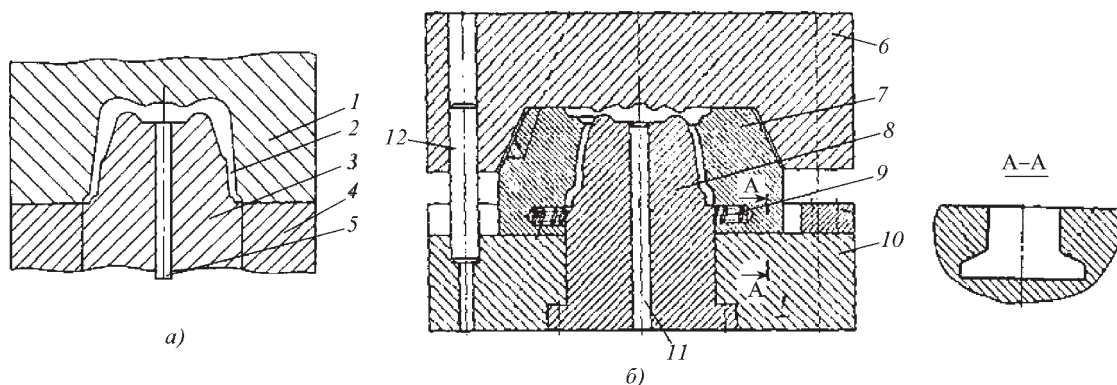


Рис. 1. Штампы первого (а) и второго (б) переходов:

1 – матрица первого перехода; 2 – поковка; 3, 8 – пуансоны; 4, 10 – нижняя плита; 5, 11 – выталкиватель; 6 – верхняя под-  
 важная плита; 7 – сборная матрица; 9 – система возврата вставок; 12 – направляющая колонка

Вставки примыкают друг к другу боковыми поверхностями, а своими внутренними рабочими поверхностями образуют гравюры соответственно наружных боковой и торцевой стенок диска с центральным ручьем и ребордами по периферии. Наружные же (нерабочие) плоскости вставок имеют конические поверхности, взаимодействующие с ответной конической поверхностью выборки, выполненной на верхней плите под углом  $\alpha$ , величина которого соответствует формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = f \left( \frac{P_{\text{бок}}}{P_{\text{раб}}} : \frac{H_{\text{раб}}}{H_{\text{верт}}} \right), \frac{S_{\text{бок}}}{S_{\text{верт}}},$$

где  $P_{\text{бок}}$  – боковое усилие перемещения секционной вставки;  $P_{\text{раб}}$  – рабочее усилие;  $H_{\text{раб}}$  – перемещение секционной вставки;  $H_{\text{верт}}$  – вертикальное перемещение верхней плиты. Его величина обычно составляет 10...12°.

При поступательном движении верхней плиты вставки перемещаются в радиальном направлении от периферии к центру, а в обратном направлении – с помощью средств их возврата в исходное положение, выполненных в виде (пружин 9), расположенных в гнездах каждой вставки.

Аксиальное выдавливание значительно улучшает показатели механических свойств готовых изделий, потому что фактически сочетает такие прогрессивные приемы, как изотермическая и скоростная штамповка, штамповка в разъемных матрицах и штампах для безоблойной штамповки. Кроме того, оно повышает производительность труда, уменьшает потери материала и затраты на механическую обработку отштампованных дисков – вплоть до полного изготовления. Немаловажно и то, что число переходов в предлагаемом методе снижено до двух и их функции перераспределены. Это способствует увеличению стойкости штампа, снижению до минимума времени деформирования заготовки. Тем более что в рассматриваемом

мом варианте применен штамп повышенной жесткости (толщина плиты составляет  $8H$ , где  $H$  – высота секционной вставки).

Все изложенное расширяет технологические возможности метода, позволяет вести процесс во взаимосвязи силовых температурных, скоростных и других факторов при минимальных затратах времени и энергии. Исключение последующей механической обработки позволяет довести до максимального коэффициент использования металла, а также повысить механическую прочность изделия не только благодаря упрочнению поверхностного слоя, но и за счет ненарушения его волокнистой структуры, что невозможно при механической обработке поковок.

Привлекает и то, что для получения готовых изделий применяется стандартное кузнечное оборудование.

Таким образом, предлагаемая технология изготовления цельноштампованных дисков колес (рис. 3) автомобилей, если говорить коротко, сводится к установке нагретой дискообразной заготовки в штамп, воздействию на нее в заданном направлении (между матричной и пуансонной частями штампа) аксиального усилия и формообразованию стенок и торца стаканообразной детали в соответствии с заданной сменяемыми частями штампа гравюрой. Процесс ведется в условиях постоянной температуры (изотермия в холодных штампах) и при скоростном режиме штамповки за два перехода. На первом аксиальное усилие преобразуется в давление, обеспечивающее объемное течение металла сверху вниз, а на втором – от центров боковой и торцевой стенок к перифериям.

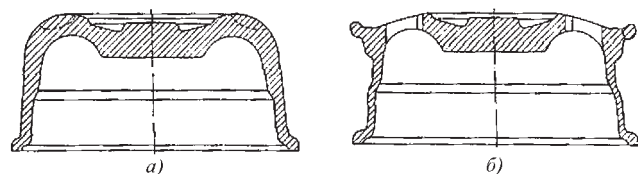


Рис. 2. Поковка первого (а) и второго (б) переходов



Рис. 3. Заготовка и цельноштампованный диск колеса после первого и второго переходов

| Параметр  | Авиационный диск из сплава |               |               | Автомобильный диск из сплава |               |               |
|---|----------------------------|---------------|---------------|------------------------------|---------------|---------------|
|   | МА2                        | АК6           | ВТ6           | МА2                          | АК6           | ВТ6           |
| Режим термообработки                                    | T5                         | T6            | Отжиг         | T5                           | T6            | Отжиг         |
| Масса, кг:  |                            |               |               |                              |               |               |
| поковки   | 3,1                        | 4,5           | 7,6           | 6,0                          | 9,1           | 15,3          |
| готовой детали  | 1,75                       | 3,45          | 5,1           | 4,75                         | 6,9           | 10,2          |
| Диаметр поковки, мм                                     | 184,5                      | 184,5         | 184,5         | 365,0                        | 363,0         | 365,0         |
| Штамповочный уклон, град.                               | 1,5; 3,0; 5,0              | 1,0; 2,5; 3,0 | 2,0; 3,5; 5,0 | 1,5; 3,0; 5,0                | 1,0; 2,5; 3,0 | 2,0; 3,5; 5,0 |
| Максимальные:   |                            |               |               |                              |               |               |
| отношение высоты $h$ реборды (ступицы) к ее толщине $b$ | 7,5:1                      | 7,5:1         | 5:1           | 7,5:1                        | 7,5:1         | 4:1           |
| припуск на механическую обработку, мм                   | 2,4                        | 2,4           | 3,0           | 2,4                          | 2,4           | 3,0           |
| Минимальные, мм:  |                            |               |               |                              |               |               |
| толщина ребра (ступицы)                                 | 8,0                        | 8,0           | 1,0           | 16,0                         | 8,0           | 16,0          |
| радиус галтели  | 3,7                        | 3,8           | 5,0           | 7,0                          | 7,0           | 13,0          |
| толщина полотна   | 7,0                        | 7,0           | 13,0          | 3,2                          | 6,4           | 6,4           |
| Типовой радиус скругления вершины ступицы, мм           | 3,2                        | 3,2           | 6,4           | 3,2                          | 6,4           | 6,4           |
| Допуск, мм, на:   |                            |               |               |                              |               |               |
| длину, ширину и диаметр                                 | 0,0...0,8                  | ±0,4          | ±0,5          | 0,0...0,8                    | ±0,4          | ±0,5          |
| толщину   | ±0,7                       | +1,5...0,0    | +1,6...0,0    | ±0,7                         | +1,5...0,0    | +1,6...0,0    |
| сопрягаемость поверхностей                              | 0,5                        | 0,7           | 0,8           | 0,5                          | 0,7           | 0,8           |
| износ двух поверхностей штампа                          | +0,4...0,0                 | 0,7 макс      | 0,8 макс      | +0,4...0,0                   | 0,7 макс      | 0,8 макс      |
| эллипсность   | 0,7                        | 1,0           | 1,2           | 0,7                          | 1,0           | 1,2           |
| Высота заусенца, мм                                     | 1,5                        | 1,5           | 4,0           | 1,5                          | 3,0           | 4,0           |

Однако возможны и другие решения. Например, чтобы снизить усилие деформирования, в том числе и усилия аксиального, формообразование можно вести с помощью процесса "обкатывания". Это обеспечит поэтапное нагружение вставок штампа; верхняя его часть будет перемещаться по спирали, что и обеспечит поочередное нагружение заготовки.

Аксиальное усилие можно снизить и на втором переходе. В этом случае штамповка ведется на штампе, оборудованном дополнительной промежуточной плитой, в которой предусмотрена коническая выборка, а усилия на секторные вставки матрицы передаются поочередно дискретным воздействием на соседние участки последовательно. При этом спиральная поверхность на промежуточной плите (в случае необходимости повторяемости приложения указанного усилия) при круговом обходе по спирали выполняется многозаходной.

Как видим, рассматриваемый вариант технологии изготовления штампованных дисков колес можно считать достаточно отработанным. Однако возникает практический вопрос: будет ли он одинаково эффективен для всех названных в начале статьи легких сплавов? Чтобы ответить на него, автор исследовал такие колеса двух вариантов – для самолета и для автомобиля. (Некоторые технические характеристики тех и других приведены в таблице.) Что же касается механических свойств исследованных дисков, то минимальные требования к ним в продольном, длинно- и коротко-поперечном направлениях предьявлялись следующие.

Для исходной, модернизированной и рассматриваемой поковки из магниевого сплава предел прочности на растяжение – соответственно 295, 267 и 232 МПа, предел текучести – 197, 141 и 126 МПа, относительное удлинение – 13, 11 и 7 %; для дисков из алюминиевого сплава АК6 предел прочности на растяжение – 457, 443 и 422 МПа, предел текучести – 387, 373 и 351 МПа, относительное удлинение – 7, 5 и 3 %; для дисков из титанового сплава ВТ6 предел прочности на растяжение (для всех поковок) – 1195 МПа, предел текучести (тоже для всех поковок) – 1125 МПа, относительное удлинение – 8; 8 и 5 %.

Результаты сравнения показали, что алюминиевые поковки колес по своим качествам превосходят поковки из магниевого сплава. Например, после термообработки по режиму Т6 сплав АК6 значительно, по сравнению со сплавом МА2, увеличивает свой предел прочности на растяжение и предел текучести в продольном и поперечных направлениях. Кроме того, поковки из сплава АК6 обходятся значительно дешевле. Наконец, поковки из него не уступают поковкам из МА2 по площади поверхностей, не обрабатываемых в дальнейшем (карманы и бобышки). Поковки же из титанового сплава ВТ6 оказались дороже, поскольку требуют больших затрат и на материал, и на штамповку, и на механическую обработку (такой обработке приходится подвергать до 95 % штампованных поверхностей). Так что выводы очевидны: в случае стальных дисков предпочтение следует отдавать дискам штампованным, а в случае изготовленных из легких сплавов – штампованным из сплавов алюминиевых. И прежде всего – из АК6.



## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

**А.В. ПРОХОРОВ**

ОАО "ВНИИИНСТРУМЕНТ" (8.903. 570-10-95)

*Предлагается инновационная технология обработки корпусных деталей винта вертолета из труднообрабатываемых материалов.*

**Ключевые слова:** технология, детали, винт вертолета, труднообрабатываемые материалы.

**Prokhorov A.V.**

### INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR MACHINING BASIC PARTS

*This is an innovative processing technology for basic parts of a helicopter rotor from hard-to-machine materials.*

**Keywords:** technology, parts, helicopter rotor, hard-to-machine materials.

Использование в разных отраслях машиностроения труднообрабатываемых материалов давно стало привычной необходимостью. Что, в первую очередь, обуславливается сложностью подбора материала с нужными для изготовления ответственных деталей узлов и агрегатов механическими свойствами. Например, во многих случаях задачу удастся решить, только применив труднообрабатываемые материалы, такие как жаропрочные стали и титановые сплавы. Однако в этих условиях неизбежны сложности, связанные с обработкой таких материалов, и возникает вопрос: как повысить производительность и качество продукции предприятия?

Чтобы ответить на него, обратимся к таким ответственным крупногабаритным и трудоемким в изготовлении деталям, как авиационные корпусные детали, выполняемые из титановых сплавов.

Основная технологическая особенность корпусных деталей, как известно, — большой объем снимаемого материала — до 80 % массы заготовки. В связи с этим доля механической обработки достигает здесь 95 % всей трудоемкости изготовления детали. Поэтому при традиционной технологии механической обработки, применяемой на многих отечественных предприятиях (к примеру, на Ступинском производственном машиностроительном предприятии) и представляющей собой последовательность отдельных операций на универсальных станках с ручным и числовым программным управлением, оснащенных стандартным режущим инструментом при ручной (их) загрузке—выгрузке, эффективность производства оказывается, мягко говоря, невысокой. И связано это со значительными затратами на подготовительные и вспомогательные операции, большим числом ручных операций, а также операций транспортировки и перегрузки.

Усложняет дело и кадровая ситуация, складывающаяся в последнее время: квалифицированные рабочие становятся все большим дефицитом. И последнее подталкивает к выводу: в рамках существующего производства модернизация оборудования и переоснащение современным инструментом видимых результатов не даст.

Успешному техническому перевооружению угрожает и еще одна "болезнь" большинства заводов — попытки приобретения по каталогам оборудования типовой компоновки, рассчитанного на обезличенного потребителя. Ведь известно, что в условиях серийного производства такое решение не позволяет "выжать" из станка и режущего инструмента необходимые точность и производительность.

Есть ли выход из сложившейся на предприятиях, занятых изготовлением весьма трудоемких с точки зрения механической обработки деталей, ситуации?

Думается, есть. Чтобы достичь существенных экономического, экологического и социального эффектов, по мнению автора, необходимо создавать качественно новые интегрированные производства, основанные на современной организационно-технической базе.

Такое производство должно быть сконцентрировано на отдельной производственной площадке, обеспечивать выпуск всех типоразмеров корпусных деталей и быть способным к быстрому переходу на выпуск новых изделий. Причем все работы, связанные с этой "перестройкой", должны проводиться независимо и без ущерба для основного производства.

Это если говорить в общем. Если же вопрос конкретизировать, то концепция организованного по-новому производства должна включать следующие три базовые положения. Первое из них — максимальные концентрация и автоматизация операций с помощью специальных многокоординатных станков с ЧПУ; второе — специальный твердосплавный инструмент на всех операциях, в том числе операциях изготовления внутренних шлицев; третье — унификация моделей специализированного оборудования, систем управления и организационных подходов. Иными словами, предлагается создавать гибкие технологические модули.

Такой подход позволяет значительно сократить инвестиции и производственные площади, обеспечить сочетание высокой производительности и быстрой переналадки. В этом случае все операции механической обработки и операционного контроля будут выполняться при неизменности рабочего места и исполнителей, сотрутся границы между серийным и единичным производством, сократится длительность производственного цикла. Главное же — реорганизация производства благодаря увеличению надежности технологического процесса и уменьшению брака повысит качество выпускаемой продукции, а за счет сокращения сроков освоения новой продукции резко изменит мобильность производства в лучшую сторону.

И не только. Реализация концепции приведет к заметному уменьшению численности персонала и повышению его квалификации: появится необходимость привлечения молодых специалистов с высшим образованием, поскольку для управления гибкими технологическими модулями нужны операторы-технологи.

Базой для разработки технологических модулей должно стать НИОКР по оптимизации конструктивных параметров и условий эксплуатации специализированного оборудования и специального режущего инструмента для токарной и фрезерной обработки титановых сплавов, а результаты этих исследований — исходными данными для расчета характеристик и разработки технических заданий на специальное оборудование.

Но гибкие технологические модули — не самоцель. Полную отдачу от них можно получить лишь в случае, когда они становятся основой интегрированного производства корпусных деталей. Даже таких крупных, как, скажем, корпус винта для вертолета МИ-28Н ("Ночной охотник") диаметром 920 мм.

Так, традиционная технология механической обработки этой детали, применяемая на уже упоминавшемся Ступинском МПП, состоит из 33 операций и 25 переустановок; общее штучное время составляет почти 440 ч, в том числе ручных операций — ~90 ч; общее число станков — 8; число рабочих — 10; суммарная производственная площадь — 320 м<sup>2</sup>. Предлагаемая же для этого предприятия инновационная технология включает всего лишь четыре операции комплексной черновой и чистовой механической обработки: черновое и чистовое точение, растачивание и фрезерование, обработка шлицев, снятие заусенцев и при-

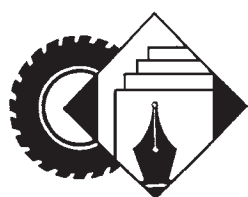
тупление острых кромок; маркировка; мойка и операционный контроль. Окончательный контроль в ОТК, согласно ей, производится на координатно-измерительной машине. Во всех случаях ручные операции здесь полностью отсутствуют, что позволяет технолог-оператору максимум внимания уделять состоянию режущего инструмента и точности обработки. В результате общее время механической обработки одной детали — ~110 ч. При этом используется один производственный модуль и работает один оператор.

Такой значительный эффект по производительности сочетается с очень высокой гибкостью производства, возможностью в течение 10 мин переналадиться на выпуск изделий других типоразмеров, что обеспечит в дальнейшем существенные преимущества в организации производства и сокращении сроков выполнения заказов. Но этот эффект может быть получен только за счет комплексного сочетания трех факторов: максимальной concentra-

ции и автоматизации операций, научно обоснованного определения технических характеристик оборудования и применения специально разработанного режущего инструмента на оптимальных режимах резания.

Организационной особенностью предлагаемой технологии является поэтапное ее внедрение и, соответственно, поэтапное инвестирование. То есть сначала поставляется и запускается в производство один гибкий технологический модуль универсального типа, и на нем отлаживается технологический процесс механической обработки не только одной типовой детали, но и всей гаммы технологий изготовления деталей подобного типа.

А затем, после уточнения технических характеристик и числа необходимых модулей, должно поставиться остальное оборудование — с тем, чтобы к моменту запуска всего участка технология была освоена и станки сразу начали серийный выпуск корпусов.



## ИНФОРМАЦИЯ

УДК 629.113:339.133.46

### СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И СОСТОЯНИЕ РОССИЙСКОГО РЫНКА КОМПОНЕНТОВ

Д-р экон. наук **Б.Г. ДЯКИН**, канд. экон. наук **Е.Э. АЛЕНИНА**, **В.В. ЗЮЛИНА**

Дипломатическая академия МИД России, МГМУ "МАМИ" (495. 223-05-23)

*Российские партнеры получают доступ к современному опыту, новым технологиям, а также системам управления качеством и бизнес-процессами благодаря пришедшим иностранным автопроизводителям.*

**Ключевые слова:** автокомпоненты, рынок автомобильных комплектующих, промышленная сборка автомобилей, локализация производства.

**Diakin B.G., Alenina E.E., Zulina V.V.**

#### CURRENT TRENDS AND THE STATE OF THE RUSSIAN MARKET FOR AUTOMOTIVE COMPONENTS

*Thanks to the foreign automaker the Russian partners have access to modern experience, new technologies and quality management systems and business processes.*

**Keywords:** automotive components, market of automotive parts, industrial assembly of motor vehicles, localization of production.

С марта 2011 г. в Российской Федерации, как известно, вступили в силу новые правила режима промышленной сборки автомобилей, предусматривающие увеличенные минимальные объемы производства по полному циклу до 300 тыс. автомобилей в год для нового завода и до 350 тыс. для уже действующего. При этом 30 % выпускаемых автомобилей должны оснащаться двигателями и коробками передач отечественного производства. Договор о промышленной сборке на новых условиях заключается с автопроизводителями на восемь лет, за которые предприятие должно довести уровень локализации всех выпускаемых моделей до 60 %. По мнению экспертов "Бостон Консалтинг Груп" (BCG), ужесточение правил промышленной сборки повлечет за собой новую

волну локализации и будет способствовать образованию партнерств международных и российских компаний. В результате многие традиционно российские производители автокомпонентов могут быть вытеснены с рынка, оставшись без заказов.

Разумеется, рынок автомобильных комплектующих в России, как и в любой другой стране мира, связан непосредственно с рынком автомобилей в целом. Учитывая рост числа иностранных автомобилестроительных компаний, которые создают свои заводы в нашей стране, и общую тенденцию повышения спроса на их продукцию, растет спрос на запасные части к ним и комплектующие.

Спад производства легковых автомобилей в 2009 г. на 59 % нанес существенный удар по спросу на автокомпоненты. Даже значительный по численности парк устаревших автомобилей не смог обеспечить стабильность сегмента запасных частей в условиях глубокого экономического кризиса. Объем их реализации сократился на 15 %, что можно объяснить более экономным их использованием и даже частичным отказом от эксплуатации автомобилей.

Крупнейшие российские автотомобилестроители в посткризисный период смогли реструктурировать задолженность благодаря поддержке правительства, в отличие от большинства независимых поставщиков автомобильных комплектующих, которым такая помощь была недоступна. Значительное сокращение спроса со стороны иностранных изготовителей автомобилей привело к тому, что некоторые поставщики оказались на грани банкротства. И сейчас для большинства отечественных производителей автокомпонентов наиболее острыми все еще остаются вопросы своевременного обслуживания долга и поддержания оборотного капитала на необходимом уровне.

Однако в настоящий момент автомобильный рынок Российской Федерации уверенно восстанавливается после кризиса 2009 г. и в ближайшие десять лет,



по прогнозам экспертов, не только войдет в шестерку крупнейших в мире, но и станет одним из основных факторов роста глобальной автомобильной промышленности [1–3]. Причем структура автомобильного рынка России достаточно быстро меняется в пользу зарубежных моделей – на их долю уже приходится примерно 70 % рынка. Но основной объем компонентов и запасных частей для них не производится в России, а импортируется из-за границы. Очень высока на отечественном рынке доля неоригинальных и контрафактных автомобильных компонентов и запчастей.

В отличие от стран с высоко развитым автомобилестроением в России объем поставок автокомпонентов и запчастей на вторичный рынок превосходит объем поставок на сборочные конвейеры. Тем не менее в последние годы в связи с ростом производства автомобилей это соотношение начинает меняться. Если сравнивать 2007 и 2011 гг., то видно, что доля первичного рынка выросла примерно на 7 %, увеличившись с 38,4 до 45,4 %, а доля рынка вторичного соответственно сократилась с 61,6 до 54,6 %.

Суммарный объем рынка автомобильных компонентов и запчастей в России по итогам 2010 г. был оценен аналитиками агентства "Автостат" в сумму 29,21 млрд долл. США [4]. На долю первичного рынка приходится 39,2 % от этого количества, то есть 11,44 млрд долл. Вторичный рынок потребляет порядка 17,77 млрд долл. (около 60,8 %). При этом прирост емкости рынка автокомпонентов на 28,5 % по отношению к 2009 г. обусловлен как быстрым ростом первичного авторынка, так и дальнейшим изменением структуры парка в пользу более дорогих в обслуживании иномарок.

На первичном рынке структура производства легковых автомобилей в Российской Федерации планомерно меняется в пользу зарубежных моделей, компоненты и запчасти к которым более дорогие. Соответственно растет и емкость этого рынка. Рост вторичного рынка запасных частей также обусловлен растущим парком зарубежных моделей, которые, несмотря на более высокую надежность, так же, как и российские автомобили, требуют периодического обслуживания и ремонта.

В 2011 г. на территории России суммарно было произведено порядка 1,7 млн автомобилей, для их производства было затронуто компонентов на сумму более 37 млрд долл. США. Более половины этого объема приходится на вторичный рынок. Емкость рынка автомобильных компонентов в 2007–2011 гг. (млрд долл. США) представлена на рисунке.

В ближайшей перспективе рынок автомобильных комплектующих будет расти на 20...30 % в год за счет увеличения как производства автомобилей, так и их парка. Согласно исследованию VCG, российский автомобильный рынок ждет вторая волна глобализации. Вслед за зарубежными автомобилестроительными концернами в Россию придут международные поставщики автомобильных комплектующих.

Ключевыми факторами, влияющими на производство легковых автомобилей в России, а значит, и комплектующих для них являются: таможенные пошлины на ввоз иномарок; платежеспособный спрос населения; низкий уровень автомобилизации населения; изменения предпочтений потребителей. Для иностранных производителей компонентов российский рынок становится все более привлекательным. Среднегодовые темпы роста рынка комплектующих, по оценке той же VCG, составят 20 % по сравнению с 2010 г. В денежном выражении он более чем удвоится к 2015 г., достигнув, таким образом, 20 млрд долл. США.

В это же время на производство комплектующих для легковых автомобилей в России все большее влияние начинают оказывать новые предприятия с участием иностранного капитала, диктующие новые стандарты качества и предъявляющие повышенные требования в сфере организации логистического взаимодействия. Так, технический отчет ISO/TS 16949, который использует большинство мировых автомобильных концернов, полностью включает в себя международный стандарт ISO 9001 и содержит дополнительные требования к поставщикам, принятые в автомобильной промышленности. Реализация требований стандартов ISO/TS 16949 позволяет добиться улучшения качества, и это путь, который выбирает все большее число российских предприятий. Импульс тому задают производители автомобилей, которые включают в договора со своими поставщиками требование наличия сертификата ISO/TS 16949. При этом принципиально, чтобы целью предприятия стало не столько получение сертификата, сколько переосмысление философии менеджмента и реинжиниринг бизнес-процессов.

Однако чтобы сохранить после вступления во Всемирную торговую организацию ключевые условия особого режима промышленной сборки автомобилей зарубежных моделей, который призван стимулировать развитие производства иностранных автомобилестроителей в России, государству придется пойти на ряд серьезных уступок в адрес Евросоюза и США. Из-за обязанности этих производителей локализовать выпуск в России 30...60 % автокомпонентов их импорт может упасть. В связи с чем в зависимости от уровня падения поставщики получают ту или иную



дополнительную квоту на ввоз компонентов в Россию беспошлинно. Режим предполагает значительное снижение таможенных пошлин на импорт автомобильных комплектующих, но одновременно содержит условие локализации выпуска определенной их доли в России, что не соответствует нормам ВТО. Но уже с момента официального вступления России в ВТО правительству придется решать проблему возможного ущерба, который нанесет льготный режим для автомобильных концернов независимым поставщикам автокомпонентов.

В то же время большинство российских поставщиков комплектующих существенно зависят от отечественных производителей. При этом в настоящее время они не обладают достаточной конкурентоспособностью и не удовлетворяют требованиям, предъявляемым крупнейшими международными производителями, которые, приступив к созданию собственных сборочных предприятий в России, заинтересованы в локализации производства комплектующих. Пришедшие в нашу страну автопроизводители вынуждены тратить немало времени и сил для формирования местной базы поставщиков, несмотря на сравнительно высокий уровень образования и технической подготовки персонала российских поставщиков. Международные автопроизводители стремятся выйти на российский рынок вместе со своими традиционными партнерами. Однако низкие объемы производства автомобилей в России до сих пор создают препятствия для привлечения многих иностранных поставщиков в страну. Таким образом, развитие базы поставок автомобильных комплектующих в краткосрочной перспективе будет в основном зависеть от сотрудничества с российскими поставщиками. Лишь немногие международные поставщики, работающие на российском рынке, создали с нуля собственную производственную базу. Большинст-

во же выбрали форму сотрудничества с местными производителями, чтобы использовать их квалифицированный персонал и инфраструктуру или выйти на рынок производства автомобилей и их послепродажного обслуживания. Российские партнеры, в свою очередь, получили доступ к современному опыту, новым технологиям, а также системам управления качеством и бизнес-процессами.

В современных условиях появляются новые возможности для совершения сделок в сегменте производства автомобильных комплектующих. Российские компании, которые до кризиса отказывались рассматривать возможности сделок по слияниям и поглощениям, готовы договариваться о продаже или совместном использовании активов и оказании содействия при выходе на рынок в обмен на финансовую и технологическую помощь.

Чтобы выдержать конкурентную борьбу на рынке автомобильных комплектующих и компонентов, отечественные поставщики, очевидно, должны поставить перед собой следующие стратегические цели: повышение уровня обслуживания клиентов и качества поставок, сокращение затрат на производство продукции, оптимизация логистических цепочек. Только при условии достижения этих целей российским компаниям возможно на равных конкурировать на рынке автомобильных комплектующих даже в условиях нового режима промышленной сборки автомобилей.

#### Литература

1. На рынке автомобильных компонентов РФ. <http://www.adb.ru/>
2. Пути повышения конкурентоспособности отечественного производства автомобильных комплектующих, Е. Шакин. <http://www.rb-edu.ru/>
3. Рынок автомобильных комплектующих. <http://informarket.ru/>
4. Данные Аналитического агентства "Автостат". <http://www.autostat.ru/>

#### Коротко о разном



ма позволяет усовершенствовать всю деятельность предприятия с одновременным снижением временных затрат и улучшением эффективности использования площадей. Время работы на одной зарядке аккумуляторной батареи — шесть часов.

Финская фирма "Фамек", обладающая более чем 20-летним опытом по разработке и изготовлению специальных компактных манипуляторов для перемещения транспортных средств в гаражах или паркингах, модернизировала одну из своих наиболее популярных моделей: грузоподъемность "Стринго 450" увеличена на 50 % и достигла 3 т. Это значит, что теперь манипулятор может перемещать не только легковые автомобили, но также легкие коммерческие АТС. Увеличенная грузоподъемность этого механиз-



Помимо названной в семейство "Стринго" входят еще пять моделей, предназначенных для перемещения транспортных средств массой от 2 до 5 т на малые и значительные расстояния. На сегодняшний день эти манипуляторы используются более чем в 35 странах на всех континентах.

\*

Многоотраслевая промышленная корпорация "Итон" открыла учебно-демонстрационный центр в Москве, который стал первым в России. Центр дает уникальную возможность воочию познакомиться с технологиями и решениями фирмы для эффективного, надежного и безопасного использования энергии по всем бизнес-направлениям корпорации: электротехническому, автотранспортному, гидравлическому и аэрокосмическому.



Компании "Итурри", "Бремах" и "Аллисон" представили инновационный автомобиль LYNX, созданный специально для пожарных и спасателей. Автомобиль полной массой 6,5 т базируется на шасси "Бремах Т-Rex", разработанном для эксплуатации в условиях бездорожья и в то же время для работы в стесненных условиях. Ширина шасси "Т-Rex" составляет всего лишь 1,7 м, что позволяет эффективно использовать собранные на нем автомобили на аварийно-спасательных работах, ликвидации последствий сти-

хийных бедствий, в том числе землетрясений и наводнений. Такой автомобиль может перемещаться по пересеченной местности, руинам, труднопроходимым местам и даже по железнодорожным путям. Риск опрокидывания, несмотря на небольшую ширину колеи, удалось минимизировать за счет низко расположенного центра тяжести. В результате угол опрокидывания оказался даже выше предписанного европейским стандартом (EN 1846).

LYNX оснащен двигателем "ФИАТ Пауртрейн" с двойным турбонаду-

вом (176 л.с., 400 Нм, 3,0 л), соответствующим требованиям по выбросам стандарта "Евро-5", полностью автоматической пятиступенчатой коробкой передач "Аллисон" серии 1000 и двухступенчатой раздаточной коробкой. Дополнительно увеличение крутящего момента обеспечивает гидротрансформатор, позволяющий транспортному средству с легкостью преодолевать даже очень крутые подъемы и обледенелые спуски. Благодаря переключению передач без разрыва потока мощности автомобиль легче управляется в сложных условиях движения, а на дорогах обладает хорошей динамикой.

Экипаж (пожарный расчет) располагается в двухрядной кабине автомобиля, позади которой установлен каркасно-панельный кузов из прочного и долговечного материала "Экополифайр". Помимо оборудования массой 600 кг в нем размещена емкость для воды объемом 1,8...2,0 м<sup>3</sup>.

## Содержание

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

|  |   |
|--|---|
| Швейва Е.И. — Многофакторный подход к формированию оплаты труда ремонтного персонала на предприятии массового производства           | 1 |
| Чайков М.Ю., Чайкова А.М. — Создание благоприятной среды для сотрудников фирмы — важнейший фактор повышения ее конкурентоспособности | 3 |
| Филикин Ю.П., Чулкова О.О. — Теоретические аспекты инвестирования в человеческий капитал и его эффективность АСМ-факты               | 5 |
|  | 6 |

### КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

|  |    |
|--|----|
| Чмиль В.П., Чмиль Ю.В. — Проблемы водородной энергетики и перспективы ее использования в мобильных машинах               | 7  |
| Шатров М.Г., Мальчук В.И., Дунин А.Ю., Езжев А.А. — Способ совместной подачи растительных масел и дизельного топлива     | 9  |
| Филатов М.И., Трунов В.В. — Теоретическое обоснование необходимости регулирования температурного режима работы двигателя | 11 |
| Клюкин П.Н., Нгуен Куанг Тхьеу, Марков В.В. — Автомобильный вентиляционно-индукторный стартер-генератор                  | 13 |
| Копотилов В.И. — О комплексных показателях топливно-энергетической эффективности автомобиля                              | 15 |
| Кореновский В.В., Сильвестров Э.Е., Уминов Н.В. — Синтез рулевых шестизвенных механизмов                                 | 18 |
| Тольский В.Е., Конев А.Д. — Факторы, влияющие на образование структурного шума автомобильного дизеля                     | 21 |

### ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АТС

|   |    |
|---|----|
| Комаров В.В., Гараган С.А. — О понятии "интеллектуальная транспортная система"                        | 23 |
| Сотва С.В. — Диагностирование несущей способности гидроцилиндров дорожных и строительных машин        | 25 |
| Лебедев Т.Н., Картуков А.Г., Гумелев В.Ю. — Три варианта источников питания автомобиля "Урал-4320-31" | 29 |

### ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

|  |    |
|--|----|
| Зиганшин Э.Ш. — Программируемые логические контроллеры — средство интеграции АСУТП и ИСУ предприятия | 31 |
| Воробьев В.М. — Штамповка легкосплавных дисков колес самолетов и наземных транспортных средств       | 33 |
| Прохоров А.В. — Инновационные технологии высокопроизводительной обработки корпусных деталей          | 36 |

### ИНФОРМАЦИЯ

|   |    |
|---|----|
| Дякин Б.Г., Аленина Е.Э., Зюлина В.В. — Современные тенденции и состояние российского рынка автокомпонентов | 37 |
| Коротко о разном  | 39 |

### Главный редактор Н.А. ПУГИН

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

#### Белорусский региональный редакционный совет:

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

Технический редактор Андреева Т.И.

Корректоры: Сажина Л.И., Солюшнина Л.Е.

Сдано в набор 05.03.2012. Подписано в печать 24.04.2012.

Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 4,9. Уч.-изд. л. 8,01. Заказ 230.

Отпечатано в ООО "Подольская Периодика"

142110, Московская обл., г. Подольск, ул. Кирова, 15.

#### ООО "Издательство Машиностроение"

Адрес издательства и редакции:

107076, Москва, Стромьинский пер., 4

Телефоны: (915) 412-52-56, (499) 269-54-98

E-mail: avtoprom@aport.ru, avtoprom@mashin.ru

www.mashin.ru www.avtomashin.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.