

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СЕРВИСА

научный журнал

АВТОСЕРВИС

№ 2 (31) 2009

СОДЕРЖАНИЕ

В. Е. Панасенко

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ 3

А. В. Юровский, Г. Н. Лукашева

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
В ТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
АВТОМОБИЛЬНЫХ МОЕК 13

С. А. Зыков

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТА
НА АЗС КАЧЕСТВЕННЫМ ТОПЛИВОМ 19

С. Г. Зубриський, К. Е. Карпухин

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА
ПЕРЕПОДГОТОВКИ РУКОВОДЯЩЕГО СОСТАВА
И СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
И АВТОСЕРВИСА 24

Главный редактор
М. Н. БУТКЕВИЧ

Редакционная коллегия:

В. Н. АЗАРОВ,
В. М. АРТЮШЕНКО,
А. И. БЕЛОВ,
Б. В. БОЙЦОВ,
В. А. ВАСИЛЬЕВА,
С. Г. ЕМЕЛЬЯНОВ,
Г. И. ЛАЗАРЕВ,
И. Н. ЛОГАЧЕВА,
Е. А. ЛУКАШЕВ
(зам. главного редактора),
Л. В. МОРОЗОВА,

А. В. ОЛЕЙНИК,
И. Э. ПАШКОВСКИЙ
Н. А. ПЛАТОНОВА,
Е. Ю. ПОЛИКАРПОВ,
А. В. ПУТИЛОВ,
К. Л. САМАРОВ,
А. В. СУВОРИНОВ,
Б. П. ТУМАНЯН,
Л. М. ЧЕРВЯКОВ,
В. С. ШУПЛЯКОВ

Редактор
Ю. Н. КУЗЬМИЧЕВА
Оформление и верстка
В. В. ЗЕМСКОВ

Журнал издается в Российском государственном университете туризма и сервиса

Л. Б. Миротин

ОСНОВЫ СЕРВИСНОЙ ЛОГИСТИКИ
И ВОЗМОЖНОСТЬ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
В СФЕРЕ ОБЩЕСТВЕННОГО
ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

27

Н. Г. Солоха, А. В. Вернигор

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛИ
ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

45

М. Н. Буткевич, А. Ф. Пузряков

ГАЗОТЕРМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ АВТОСЕРВИСА.....

53

Н. Г. Солоха, А. В. Вернигор, И. К. Спасюк

НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ,
ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СИСТЕМЫ
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ.....

61

Адрес редакции:

111116, Москва, ул. Авиамоторная, 6.
Тел./факс: (495) 361-11-95.
e-mail: tpps@list.ru

При перепечатке любых материалов
ссылка на журнал
«Теоретические и прикладные
проблемы сервиса» обязательна.

Редакция не несет ответственности
за достоверность информации
в материалах, в том числе рекламных,
предоставленных авторами
для публикации.

Журнал зарегистрирован
в Министерстве РФ по делам печати,
телерадиовещания
и средствам массовой коммуникации.
Свидетельство о регистрации
ПИ № 77-9918 от 10.10.2001 г.
ISSN 1815-218X

Подписной индекс в каталоге
агентства «Роспечать» 46831
Материалы авторов не возвращаются.
Тираж 1000 экз.

© Журнал «Теоретические
и прикладные проблемы сервиса», 2009

Теоретические основы технологий очистки

В. Е. Панасенко

Российский государственный университет туризма и сервиса

Автомобили эксплуатируются в различных временных (время года), дорожных (бетонное, асфальтовое, грунтовое), атмосферных и климатических условиях, которые в основном и определяют характер и степень загрязнений их поверхностей.

Автомобиль на дороге — мощный «магнит», аккумулирующий на себе загрязнения: частицы асфальта, асбеста, песка, гранита, саж, нефтепродуктов, синтетических соединений (полимеров — продуктов синтетических масел, присадок и тормозных жидкостей) и хлористых солей (рис. 1).

Загрязнения поверхностей автомобиля можно представить в виде слоев, которые частично перемешаны. Верхний слой составляют частицы силикатов, смешанных с органическими веществами. Второй слой состоит из органических жировых загрязнений, включающих продукты износа асфальтового покрытия дорог, частицы отработавших газов автомобилей, атмосферные осадки. Третий слой образуют окисленные полирующие препараты, частично разрушенные лакокрасочные покрытия, частицы, выделившиеся из синтетических смол.

Загрязнения на внешней и внутренней поверхностях условно делят на эксплуатационные, технологические, а также остатки от противокоррозионных и лакокрасочных материалов. Различают три степени загрязнения: *слабую, среднюю и сильную*.

Состав и количество загрязнений носят случайный характер. Состав и свойства загрязнений крайне разнообразны: одни из них — жидкие, полужидкие (желеобразные), другие — твердые органические соединения (нефтяные и расти-

тельные масла, жиры, смолы и пр.) гидрофобны, т. е. не смачиваются водой, минеральные же частицы обычно гидрофильны (смачиваемы), но могут быть гидрофобизированы жировой частью загрязнений.

Резко отличны друг от друга также природа и свойства очищаемых поверхностей — металлов, пластиков, стекла и т. д.

Частицы загрязнений упрочняются и как бы склеиваются между собой за счет остатков смазочных, смолистых и других подобных веществ, образуя прочно связанную пленку с большими силами сцепления (*когезионные силы*).

Загрязнения характеризуются довольно прочной связью с поверхностью автомобиля, его элементов (силы адгезии). Адгезия зависит от природы и свойств очищаемых поверхностей и определяется силами межмолекулярного взаимодействия конденсированных фаз (разнородных тел). В основном это электростатические и поляризационные взаимодействия.

Характер и свойства загрязнений в комплексе с природой и свойствами очищаемых поверхностей являются серьезным препятствием для удаления их с поверхности автомобиля.

Прочностные свойства загрязнения в первом приближении могут быть охарактеризованы максимальной силой сцепления (между частицами загрязнения и между загрязнением и поверхностью) $F_{\max}$:

$$F_{\max} = \frac{\pi \sigma_3}{2d_3} \left(\frac{1}{w} - 1 \right), \quad (1)$$

где σ_3 — поверхностное натяжение жидкой среды загрязнения; d_3 — диаметр частиц загрязнения; w — влажность загрязнения.

Прием очистки открытой струей жидкости (воды) под давлением, в том числе пульсирующей, имеет наибольшее практическое значение для удаления загрязнений с поверхности автомобиля.

В 1974 г. начала действовать новая концепция компании «Karcher» (мирового лидера сегмента оборудования для очистки высоким давлением) — концентрация усилий на разработке, производстве и реализации оборудования для очистки высоким давлением.

Природа удаления загрязнений с помощью струй заключается в механическом разрушении слоя загрязнений — когезионных сил, его ад-



Рис. 1. Поверхность автомобиля, покрытая загрязнениями практически всего спектра

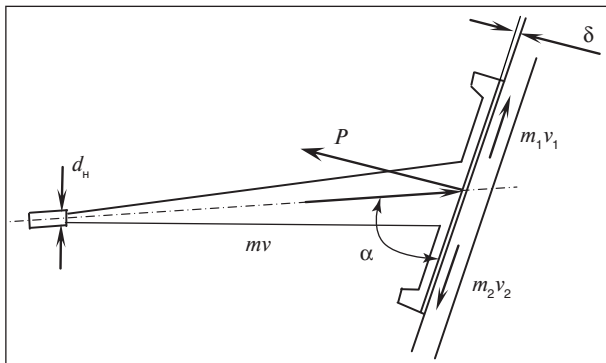


Рис. 2. Взаимодействие потока движущейся жидкости с поверхностью d_n — диаметр отверстия насадка; P — ударная сила струи; α — угол встречи струи с поверхностью; δ — пограничная зона; m, m_1, m_2 — масса струи; v, v_1, v_2 — скорость потока

гезионных связей с очищаемой поверхностью. Загрязнения удаляются с очищаемой поверхности в том случае, если сила взаимодействия P (ударная сила струи) превышает хотя бы одну из прочностных адгезионно-когезионных характеристик загрязнений, таких как сила сцепления между частицами загрязнения, прочность на сжатие, изгиб, сдвиг, сила адгезии (F_A) и др., т. е. $P > F_{\max}$ (рис. 2).

Физические условия процесса очистки определяются давлением и равномерностью распределения жидкости по поверхности, продолжительностью воздействия, а также ее температурой.

Ударная сила струи

$$P = \frac{\rho \pi d_n^2 \phi H_n A}{2} \sin \alpha, \quad (2)$$

где ρ — плотность моющей жидкости; d_n — диаметр отверстия насадка; H_n — давление на выходе сопла; A — коэффициент аэрации, зависящий от расстояния до омываемой поверхности ($A = 0,70-0,95$); ϕ — коэффициент скорости, зависящий от формы отверстия и типа насадка.

Частицы загрязнения удаляются с поверхности кузова автомобиля, когда вектора скоростей v_1 и v_2 направлены параллельно поверхности. При этом величина ударной силы P , действующей перпендикулярно поверхности, не должна превышать критического значения $P_{кр}$, разрушающего лакокрасочное покрытие, т. е. $P < P_{кр}$.

Удаление загрязнений с полированных поверхностей автомобилей струей жидкости (воды), даже под большим давлением, недостаточно качественно. В месте контакта струи с поверхностью, ввиду размывающего характера струи под действием касательных напряжений, между потоком движущихся в радиальном на-

правлении частиц жидкости и поверхностью кузова образуется практически неподвижный объем жидкости коноидальной формы. Не принимая участия в общем движении остальной струи, частицы жидкости в коноидальном объеме находятся в сравнительно медленном водоворотном движении, т. е. скорость движения в нем настолько мала (v_1 и v_2 минимальны), что жидкость не оказывает очищающего эффекта. В месте контакта струя изменяет направление и, следовательно, неизбежна потеря скорости.

При дальнейшем движении по плоскости водной поток перемещается с меньшей скоростью не прямо по поверхности, а по *пограничной зоне*, представляющей собой тончайший (в несколько десятков микрон) слой, наличие которого обусловлено вязкостью жидкости и силами взаимодействия между ее молекулами и поверхностью. В то же время пограничный слой является своеобразной прокладкой между движущейся струей и загрязненной поверхностью, препятствуя соприкосновению высокоскоростного потока жидкости с очищаемой поверхностью.

Пограничная зона, так же как и коноидальный объем, являясь *мертвой зоной*, не принимает участия в очищающем действии. Отмеченное не способствует эффективному удалению имеющихся загрязнений. Всегда остаются мелкие (до 30 мкм) частицы загрязнений, которые удерживаются в тонкой жидкостной пленке и при ее высыхании оставляют на поверхности матовый (серый) налет и пятна.

Для разрыва пограничной зоны необходимо, чтобы струя жидкости непрерывно меняла свое направление, так как ускорение частицам загрязнения, параллельное поверхности кузова, может придать только переменный вектор скорости (применение пульсирующих и двухфазовых струй, вращающихся сопел, осциллирующих струй, а также механического воздействия в процессе очистки).

С известными приближениями толщина пограничной зоны может быть определена по формуле

$$\delta = 3,46 \sqrt{\frac{vx}{\phi \sqrt{2gH_n}}}, \quad (3)$$

где v — кинематическая вязкость жидкости; x — расстояние от насадка до омываемой поверхности.

Таким образом, зная размер частиц загрязнения, можно, задаваясь толщиной пограничной зоны, найти требуемый напор струи жидкости.

Как показывают расчеты, при прочих равных условиях *повышение давления эффективно*

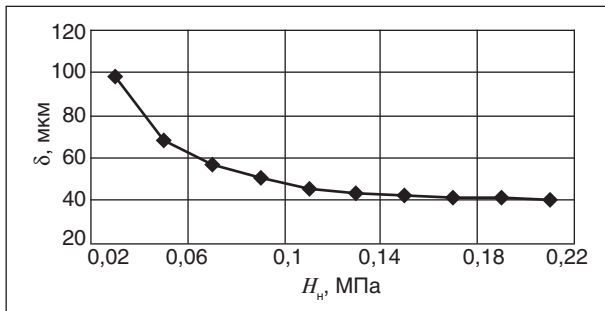


Рис. 3. Влияние напора струи жидкости на толщину пограничного слоя ($x = 1$, $\varphi = 1$)

уменьшает толщину пограничной зоны только лишь до определенного предела. Дальнейшее увеличение давления не приводит к повышению качества очистки (рис. 3).

Энергоемкость струи

$$\eta = \frac{P}{Q}, \quad (4)$$

где Q — расход воды.

Чем больше энергоемкость, тем больше гидродинамическое давление оказывает струя при том же расходе жидкости.

Зная, что секундный расход жидкости через насадок (подача насоса) определяется из соотношения

$$Q_c = f\mu \frac{\pi d_n^2}{4} \sqrt{2gH_n}, \quad (5)$$

получим выражение для расчета энергоемкости струи

$$\eta = 2\gamma A \frac{\varphi^2}{f\mu} \sqrt{\frac{H_n}{2g}}, \quad (6)$$

где γ — удельный вес жидкости; f — коэффициент запаса (1,1–1,3).

Энергоемкость струи по мере роста напора сначала интенсивно растет, потом рост замедляется и затем стабилизируется. Тем самым увеличивать напор струи не имеет смысла.

При отделении частиц загрязнения главную роль играет не столько ударная сила струи P , сколько ее удельная величина (на единицу пло-

щади), т. е. **ударное давление** $P_{уд}$. Эта величина представляет собой давление, с которым струя жидкости воздействует на подлежащую очистке поверхность. Ударное давление $P_{уд}$ характеризуется механическим фактором, который определяется четырьмя влияющими величинами: расстоянием до очищаемой поверхности, углом распыла, давлением насоса и подачей (рис. 4)

Ударное давление зависит от расстояния до поверхности очистки, угла распыла струи, давления на выходе сопла и расхода воды — подачи.

Давление на выходе сопла определяется, в свою очередь, расходом воды и сечением сопла.

Давление насоса также определяется расходом воды и сечением сопла, но превышает давление на выходе сопла на величину, определяющуюся сопротивлениями на пути от насосной камеры к соплу.

Влияние расстояния до поверхности (X) на ударное давление ($P_{уд}$) (рис. 5).

С увеличением расстояния до очищаемой поверхности X наблюдается быстрое снижение величины ударного давления $P_{уд}$.

Как показывает практика, в режиме высокого давления оптимальным расстоянием при воздействии струи жидкости на загрязнение является 15–30 см, а в случае старого или «неродного» лакокрасочного покрытия (ЛКП) автомобиля — 25–30 см. Меньшее расстояние может привести к повреждениям ЛКП, а большее — не обеспечит качественное удаление загрязнений.

Безопасное расстояние распыла тем больше, чем выше давление, больше расход воды и уже струя воды.

Влияние угла распыла струи (β) на ударное давление ($P_{уд}$) (рис. 6).

С увеличением угла распыла β до значения порядка 50° величина ударного давления $P_{уд}$ резко снижается, при дальнейшем увеличении — происходит более плавное уменьшение значений давления. Для очистки поверхностей с различной степенью загрязнения целесообразно использовать различные углы распыла:

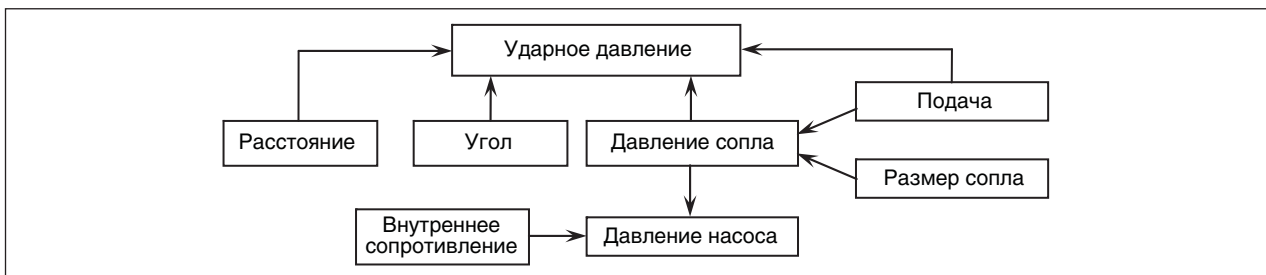


Рис. 4. Факторы, влияющие на ударное давление

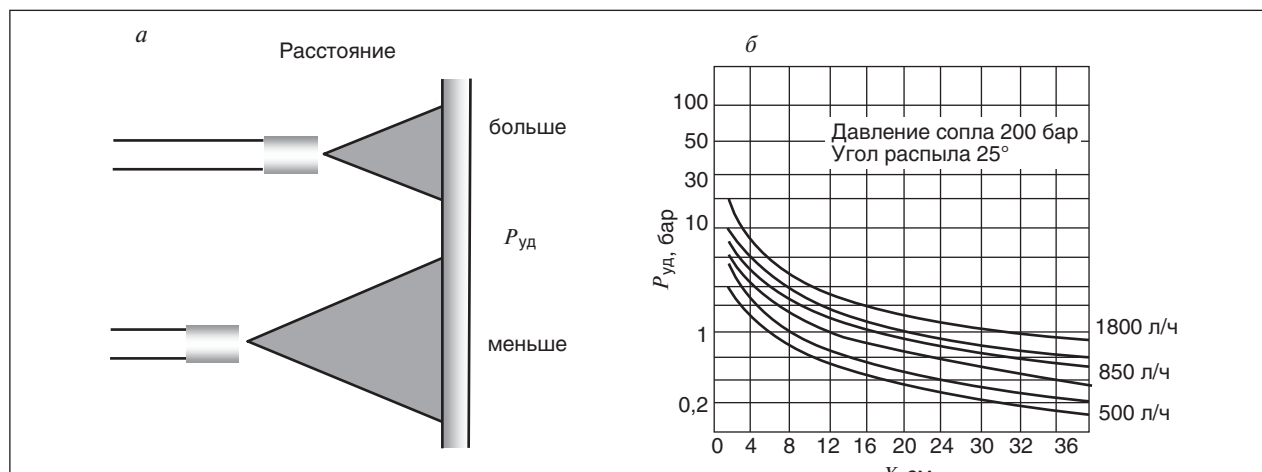


Рис. 5. Зависимость ударного давления от расстояния при одинаковом угле распыла (а) и различном расходе (б)

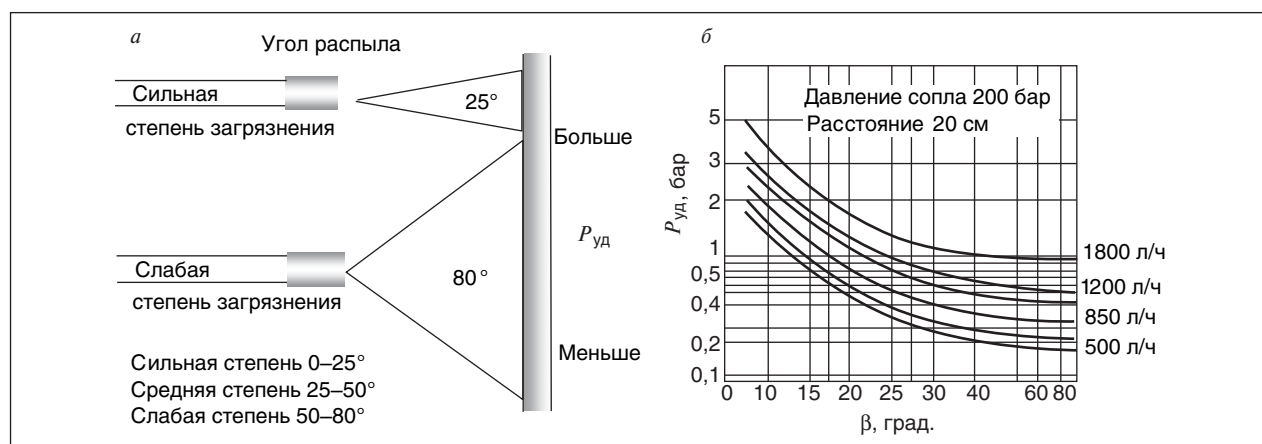


Рис. 6. Зависимость ударного давления от угла распыла при различной степени загрязнения (а) и различном расходе (б)

- для сильной степени загрязнения — 0–25°;
- для средней степени загрязнения — 25–50°;
- для слабой степени загрязнения — 50–80°.

Влияние давления на выходе сопла (H_n) на ударное давление ($P_{уд}$) (рис. 7, 8).

Увеличение давления на выходе сопла (H_n) не приводит к пропорциональному повышению ударного давления ($P_{уд}$) в той же степени. Это повышение оказывается тем меньше, чем меньше расход воды. Использование экстремально высоких сопловых давлений не рационально. Увеличение ударного давления может быть с меньшими затратами обеспечено повышением расхода воды.

Влияние формы и структуры струи на ударное давление ($P_{уд}$).

Кинжальная струя (рис. 9, а, 10, а), образуя точечное сечение, обладает высоким очищаю-

щим усилием, сохраняя на расстоянии 20 см порядка 70% исходного ударного давления, но имеет низкую производительность по площади.

Веерная струя (рис. 9, б, 10, б), образуя плоское сечение, имеет высокую производитель-

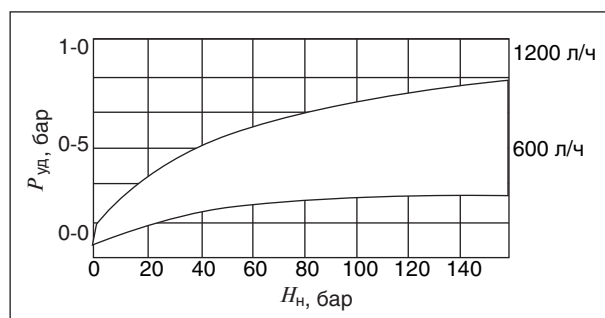


Рис. 7. Зависимость ударного давления от давления на выходе сопла и расхода жидкости (расстояние 20 см, угол распыла 25°)

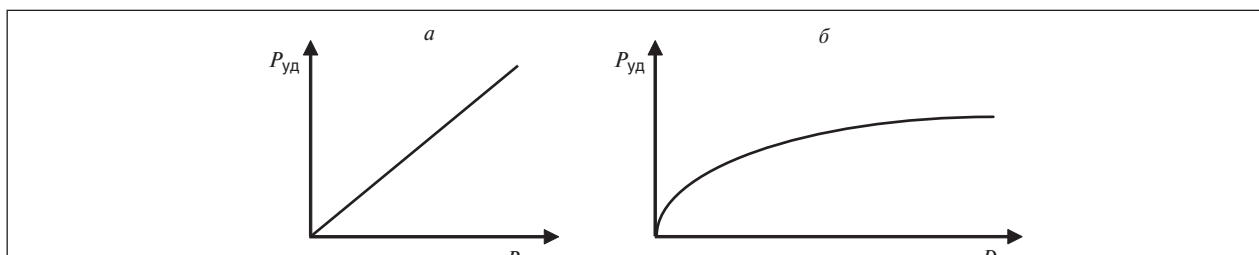


Рис. 8. Зависимость ударного давления от расхода жидкости R (а) и давления (насоса) D (б)

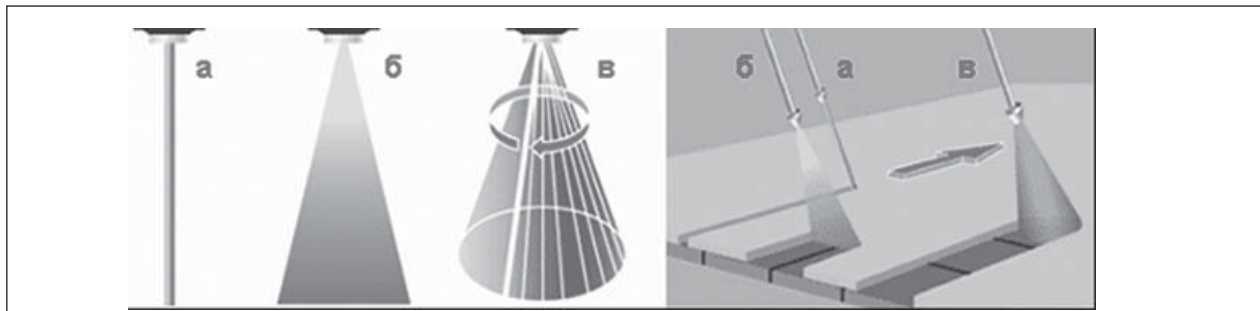


Рис. 9. Формы струи: а — кинжальная (точечное сечение); б — веерная (плоское сечение); в — вращающаяся (круглое сечение)

ность по площади, но обладает сравнительно низким очищающим усилием, ударное давление на расстоянии 20 см составляет порядка 5% исходного значения.

Вращающаяся струя (рис. 9, в, 10, в), обладает достаточно высокими эффективностью и производительностью очистки. Струя вращается вокруг собственной оси с высокой частотой, образуя круглое сечение, благодаря этому она перекрывает большую площадь при сохранении усилия, не намного отличного от усилия точечной струи (порядка 62%).

Помимо формы на величину ударного давления и соответственно на эффективность очистки

существенное влияние оказывает структура струи.

На рис. 11 представлены две струи высокого давления, одной формы — веерные, но имеющие различную структуру. Структуру струи справа (б) отличают капли воды — плотнее и более крупные.

Расход воды (R), давление на выходе сопла (H_n), расстояние до объекта чистки (x), угол распыла (β) и форма (веерная) у струй (см. рис. 11) полностью идентичны. Однако струя справа, благодаря своей структуре, обеспечивает увеличенное (порядка 40%) ударное давление ($P_{уд}$).

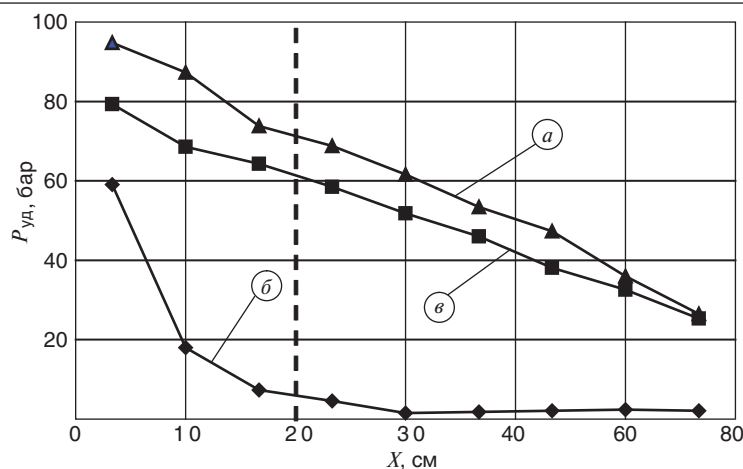


Рис. 10. Влияние формы струи на ударное давление: а — кинжальная; б — веерная; в — вращающаяся



Рис. 11. Веерные струи высокого давления различной структуры

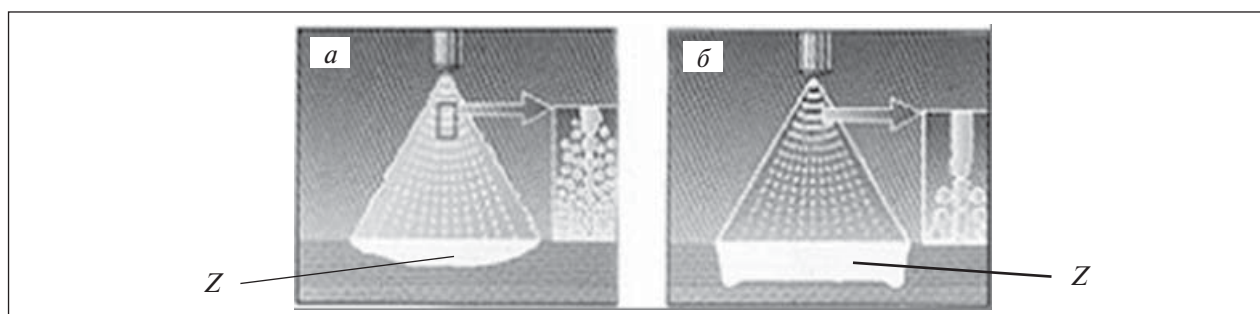


Рис. 12. Структура веерных струй высокого давления (Z — объем удаляемых загрязнений однократного контакта струи)

Чем больше и плотнее капли воды и чем быстрее они движутся, тем выше сила соударения и, соответственно, очищающий эффект (рис. 12).

Четко очерченная струя, состоящая из крупных взаимосвязанных капель, обеспечивает повышение ударной силы (рис. 12, б). Тем самым существенно увеличивается эффективность очистки (объем удаляемой грязи). При равной степени загрязнения и прочих равных факторах струя структуры б (см. рис. 11, 12) значительно ускоряет очистку и, кроме того, позволяет экономить воду и чистящие средства. Струя структуры б обеспечивает очистку без

существенного снижения мощности по всей рабочей ширине, в связи с чем при равных затратах энергии значительно увеличивается эффективность чистки.

Влияние расхода воды – подачи (R) на ударное давление ($P_{уд}$) (рис. 13, 14).

С увеличением расхода воды R величина ударного давления $P_{уд}$ возрастает, большая подача воды вызывает высокое ударное давление. При этом в меньшей степени проявляется эффект разрыва струи на большой дистанции (уменьшенное распыление).

В среднем при давлении 1,5 МПа расход на один автомобиль составляет 200–250 л; при низ-

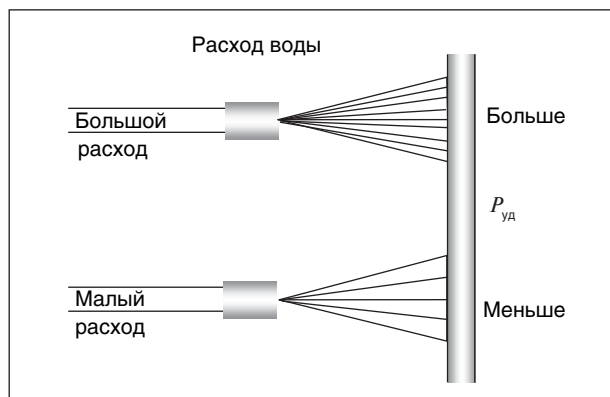


Рис. 13. Зависимость ударного давления от расхода воды при одинаковых значениях расстояния, угла распыла и давления

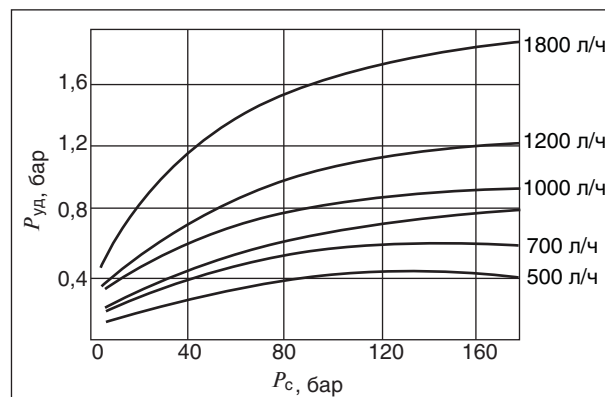


Рис. 14. Зависимость расхода воды от ударного давления и давления на выходе сопла (расстояние 20 см, угол распыла 25°)

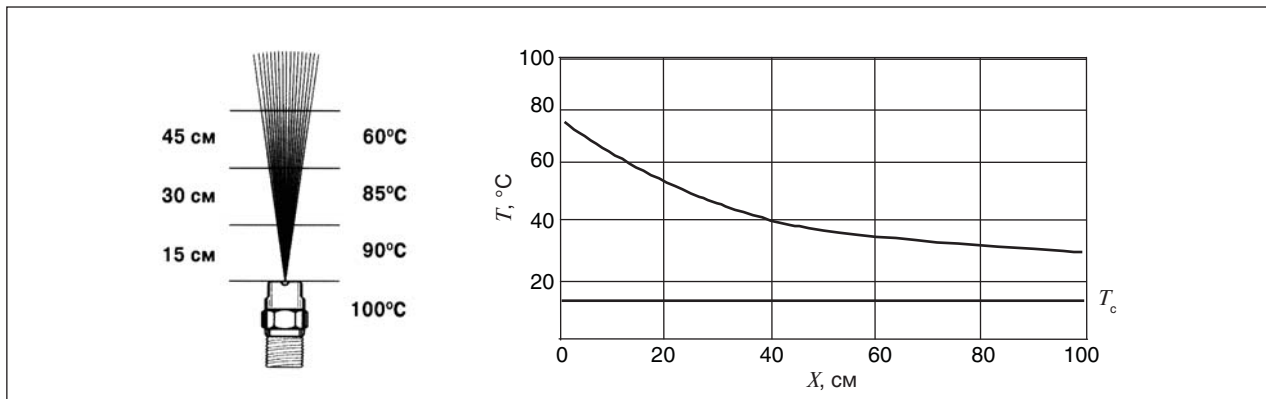


Рис. 15. Зависимость температуры очищающей жидкости от расстояния до поверхности (T_c – температура окружающей среды)

ком давлении расход воды может увеличиться в 2–3 раза.

Анализ уравнения (1) показывает, что *силы сцепления можно снизить, во-первых, увеличивая влажность загрязнения, и, во-вторых, уменьшив поверхностное натяжение жидкостной составляющей.*

Коэффициент поверхностного натяжения жидкости σ можно снизить, повышая температуру жидкости или применяя синтетические моющие средства.

Влияние температуры жидкости.

Тепловая энергия является исключительно важным фактором процесса очистки. Подведение тепла ускоряет протекание химических процессов: происходит *разжижение жировых и масляных загрязнений*, в результате чего обеспечивается легкое их отделение от поверхности и удаление с потоком воды; поддерживается *эмульгирование масел и жиров*. К тому же одновременно нагревается очищаемый объект, что *ускоряет его высыхание.*

На практике это значит, что при повышенных температурах может быть обеспечено *сокращение времени чистки (вплоть до 40%)* и улучшение ее результата.

После войны компания «Karcher» выиграла тендер по чистке танков, вездеходов, автомобилей и прочей военной техники союзников. Справляться с большими объемами работ фирме помогло изобретение А. Керхера: он пришел к выводу, что струя горячей воды под давлением чистит лучше, чем паровая струя.

Использование струи горячей жидкости способно в 1,5 раза ускорить процесс очистки. Применение подогретой жидкости способствует более быстрому высыханию очищенной поверхности.

«Контактная» температура жидкости должна быть не более 50°C, в противном случае будет от-

рицательное воздействие очищающей жидкости на лакокрасочное покрытие автомобиля.

Наиболее эффективно очистка загрязненных поверхностей будет проходить при температуре жидкости 45°C; тепловая энергия ускоряет химический процесс, прочная масляная пленка становится текучей, происходит разжижение жировых и масляных загрязнений, что создает условия для более активного получения эмульсии очищающего средства.

Температура подогретой воды не должна превышать температуру поверхности кузова автомобиля более, чем на 18–20°C из-за опасности повреждения лакокрасочного покрытия.

Температурный фактор струи жидкости (подогрев) обеспечивает:

- тот же результат чистки при уменьшенном ударном давлении;
- улучшенный результат при равном ударном давлении;
- хороший эффект очистки;
- улучшенное растворение жировых составляющих загрязнения;
- сокращение времени чистки.

Применение синтетических моющих средств.

В определенных случаях оба таких фактора, как ударное давление и температура, не могут обеспечить удовлетворительного результата чистки даже при их дальнейшем увеличении.

Поиск эффективных средств, которые могли бы уменьшить расход воды и улучшить качество очистки поверхности автомобиля, привел к тому, что стали применяться различные моющие средства, в основном синтетические с высоким содержанием поверхностно-активных веществ (ПАВ). Их применение позволяет уменьшить расход воды в 2–3 раза, повысить эффективность и значительно улучшить качество очистки.

Современная теория рассматривает моющий эффект как результат проявления комплекса физико-химических свойств моющей жидкости, т. е. смачивающей, растворяющей, эмульгирующей, диспергирующей, пептизирующей, солюбилизирующей, стабилизирующей, пленкообразующей и пенообразующей способностей. Данные свойства являются результатом воздействия ПАВ, характерного для растворения мыл и проявляющегося в адсорбции его полярных молекул на границе раздела фаз (поверхность загрязнения — жидкость — воздух).

Понятие поверхностной активности моющих растворов проявляется в адсорбции их полярных молекул на границах раздела фаз. Полярные молекулы — молекулы, обладающие постоянным дипольным моментом. Такая молекула имеет как бы два полюса — положительный и отрицательный. В отличие от неполярных молекул электрические «центры тяжести» взаимно противоположных зарядов в подобных молекулах не совпадают. Степень полярности количественно выражают дипольным моментом D_p , который представляет собой произведение заряда электрона на расстояние между зарядами (длину диполя).

Энергия межмолекулярных взаимодействий определяет многие свойства жидкостей. Например, чем выше эта энергия, тем больше работы (тепла) требуется затратить для удаления молекул из объема жидкости, т. е. на их испарение.

Основой моющих и очищающих веществ являются мыла. Синтетические моющие средства (СМС) многокомпонентные смеси химических веществ — различных активизирующих добавок, выполняющих определенные функции в сложном механизме очистки. Компонентами растворов СМС являются моющие, обезжиривающие, эмульгирующие, диспергирующие, противокоррозионные ПАВ, а также растворители, стабилизаторы, противовспениватели, дезодоранты. ПАВ обладают соответствующим молекулярным строением и свойствами, обеспечивающими проявление эффективного моющего действия. ПАВ представляют вещества, содержащие полярные (гидрофильные группы) при неполярных (гидрофобных) звеньях молекул.

Растворы СМС обладают комплексом свойств, необходимых для удовлетворения самых жестких требований по чистоте техники, технологии производства и охране окружающей среды. СМС легко дозируются при приготовлении водных моющих растворов, быстро и полностью растворяются, обладают максимальным моющим действием при небольших концентрациях,

сочетаются с различными полезными добавками. Свойства водных растворов СМС в значительной степени определяются свойствами входящих в их состав компонентов.

Адсорбция ПАВ происходит не только на границе раздела жидкость — воздух, но и на границе раздела жидкость — загрязнение, и это явление лежит в основе очищающего эффекта в целом.

Важной характеристикой качества различных моющих средств является показатель их поверхностного натяжения.

Как уже отмечалось выше, силы сцепления можно снизить, во-первых, увеличивая влажность загрязнения, и, во-вторых, уменьшив поверхностное натяжение жидкостной составляющей.

Гидрофилизация загрязнения — резкое усиление его смачиваемости, характеризующее очищающее действие. Если загрязнением является твердое вещество, основным свойством моющего препарата проявляется в диспергирующей, стабилизирующей и пенообразующей способности; благодаря малому поверхностному натяжению раствор СМС проникает в мельчайшие зазоры и трещины между частицами загрязнения и, адсорбируясь на этих частицах, создает расклинивающее давление, которое размельчает и отделяет их. В случае, если загрязнение — жидкое вещество, эффективность моющего препарата определяется эмульгирующей способностью; ПАВ, адсорбируясь на поверхности капель жирового вещества, образует прочную оболочку, препятствующую слиянию других капель.

Тем же явлением адсорбции обусловлена стабилизирующая и пенообразующая способность, удерживающая частицы загрязнения во взвешенном состоянии и способствующая их выносу с очищаемой поверхности.

Водные растворы СМС способны обезжиривать очищаемые поверхности, поглощать и переводить во взвешенное состояние значительные количества частиц нерастворимых в воде как твердых (в виде суспензии), так и жидких веществ (в виде эмульсии), загрязняющих поверхности автомобиля, тем самым проявляя свойство солюбилизации.

Различные соединения служат для смягчения воды, повышения диспергирующих свойств растворов, стабильности суспензий и эмульсий. Очистка автомобиля от загрязнений водой может вызвать коррозию очищаемых поверхностей, не защищенных лакокрасочным или противокоррозионным покрытием, в связи с чем, в моющий

раствор должны входить противокоррозионные вещества — ингибиторы коррозии.

Стабилизация — один из важных этапов моющего процесса очистки, суть которого заключается в способности очищающего раствора удерживать в своем объеме загрязнения, препятствуя обратному осаждению их на очищаемой поверхности.

Существует еще один аспект применения СМС при очистке автомобилей от загрязнений. Распыливание струи при полете и ударе об очищаемую поверхность создает идеальные условия для формирования пены. Этот эффект имеет как положительные, так и отрицательные стороны. В первом случае, благодаря пене моющий раствор задерживается на поверхности автомобиля, что способствует увеличению времени воздействия его на загрязнения (эффект кавитации). Во-втором — с образованием в растворе пены снижается сила удара струи, которая определяет эффективность очистки.

Применение моющих средств наиболее эффективно для смачивания поверхности перед проведением основной операции очистки с помощью струйного или механического воздействия. Причем при смачивании поверхности моющим раствором без предварительного смачивания водой, эффективность воздействия раствора значительно возрастает, так как он обладает меньшим поверхностным натяжением и необходимы меньшие затраты энергии для отделения загрязнений от поверхности.

При удалении с очищаемых поверхностей грязи очищающей жидкостью происходит следующее (рис. 16).

Очищающая жидкость — вода, обладая большим поверхностным натяжением, не смачивает загрязненные поверхности и стягивается в отдельные капли (этап I); водный раствор СПАВ растекается, смачивает поверхность и проникает в поры частиц загрязнений, способствуя нарушению связи между ними, а также с поверхностью (чем меньше поверхностное натяжение очищающего раствора, тем больше способность смачивать загрязненную поверхность и тем эффективнее действует на загрязнение раствор очищающего средства; важной характеристикой качества различных очищающих средств является показатель их поверхностного натяжения) (этап II); при механическом воздействии увлекаемые молекулами чистящего средства частицы загрязнения переходят в раствор (этап III); молекулы чистящего средства обволакивают частицы загрязнения и очищенную поверхность, что препятствует укрупнению частиц и оседа-

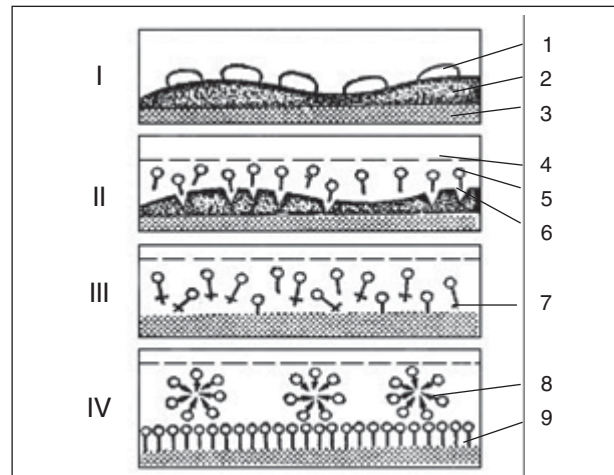


Рис. 16. Схема процесса очистки: I–IV — этапы процесса очистки; 1 — капля воды; 2 — загрязнение; 3 — очищаемая поверхность; 4 — водный раствор СПАВ; 5 — гидрофильная часть молекулы СПАВ; 6 — гидрофобная часть молекулы СПАВ; 7 — перевод частиц загрязнения в раствор; 8 — частицы загрязнения, стабилизированные в растворе; 9 — адсорбированные молекулы СПАВ на очищенной поверхности

нию их на поверхности (этап IV); в результате частицы загрязнения во взвешенном состоянии стабилизируются в растворе и удаляются вместе с ним.

Механизм действия раствора СПАВ заключается в химическом воздействии на загрязнения поверхностей автомобиля. Молекулы СПАВ имеют гидрофобно-гидрофильное строение, при котором один конец молекулы хорошо смачивается водой, а другой — масляной составляющей. Попадая на загрязненную (замасленную) поверхность, молекулы располагаются на поверхности раздела масло — вода, ориентируясь гидрофильными (смачиваемыми водой) концами в сторону воды, а гидрофобными (не смачиваемыми водой) — в сторону масла. В результате этого замасленная поверхность покрывается пленкой молекул СПАВ, что способствует отделению частиц масляной составляющей и растворимости органических веществ.

Таким образом, СПАВ обладает способностью адсорбироваться на границе раздела очищаемая поверхность — очищающий раствор (загрязнение — очищающий раствор), образовывать на этой границе мономолекулярные слои, проникать в поры и зазоры, создавать расклинивающие давления и отделять загрязнения от очищаемой поверхности. Этому также способствует и то, что гидрофильные ионы являются одновременно носителями электрического

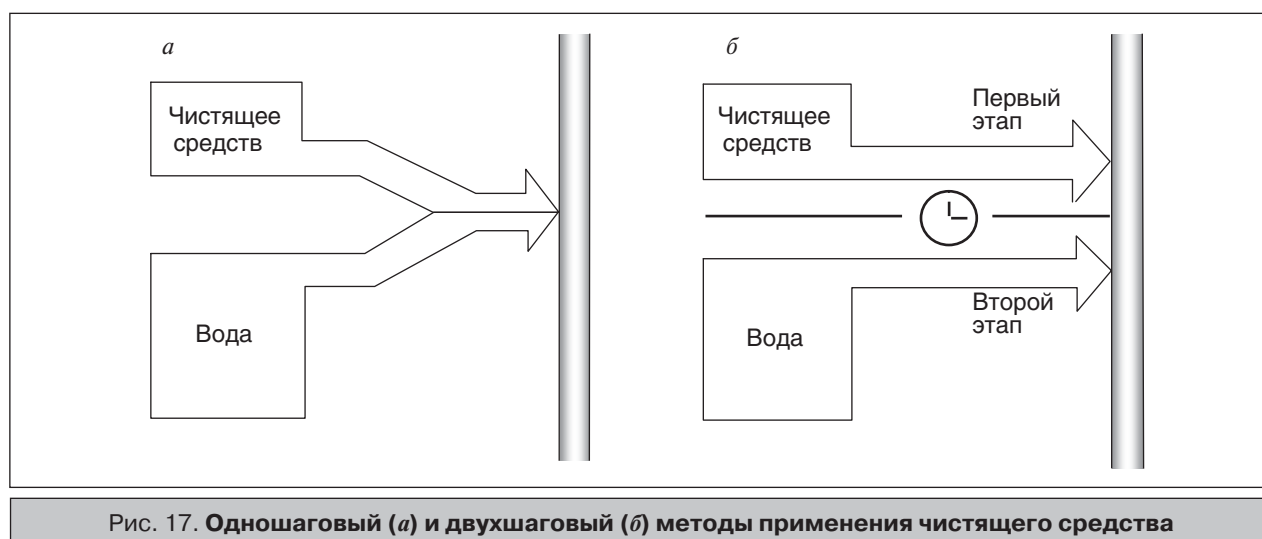


Рис. 17. Одношаговый (а) и двухшаговый (б) методы применения чистящего средства

заряда, в связи с чем в нижней части масляной капли загрязнений встречаются одноименно заряженные отталкивающиеся частицы.

Важным этапом в процессе очистки является стабилизация в растворе «отчищенных» загрязнений и предупреждение их повторного осаждения на очищенную поверхность. Стабилизация загрязнений зависит в основном от состава чистящей жидкости, методов и технологических условий ее применения (концентрации, температуры, загрязненности).

Механическое воздействие струи чистящего раствора ускоряет этот процесс, обеспечивая высокое качество очистки при минимальном расходе воды. Важно также и то, что сокращается время, необходимое для очистки.

Применение чистящего средства для улучшения очищающей способности воды за счет увеличения смачивающей способности, эмульгирования или же непосредственного химического взаимодействия с компонентами загрязнения может осуществляться в случае чистки высоким давлением двумя различными методами.

Одношаговый метод. В струю высокого давления постоянно примешивается чистящее

средство (рис. 17, а). Одновременно действуют и механические факторы, и факторы, обеспечиваемые чистящим средством. В связи с непродолжительным временем воздействия чистящего средства, во многих случаях этот метод не может обеспечить достаточно эффективной очистки.

Двухшаговый метод содержит два этапа (рис. 17, б):

первый этап — нанесение чистящего средства с высокой концентрацией при низком давлении; чистящему средству дают подействовать определенное время, не допуская при этом высыхания;

второй этап — смывание растворенной грязи чистой водой при максимальном давлении; в этом случае факторы чистящего средства и механики действуют последовательно.

Преимущество двухшагового метода заключается в продолжительном воздействии чистящего средства, способного в таком случае обеспечить улучшенное отделение (растворение) грязи. Вторая технологическая операция (смывание чистой водой) позволяет надежно удалить все растворенные частицы грязи, а также остатки чистящего средства.

Анализ технических решений в технологиях очистки сточных вод автомобильных моек

А. В. Юровский, Г. Н. Лукашева

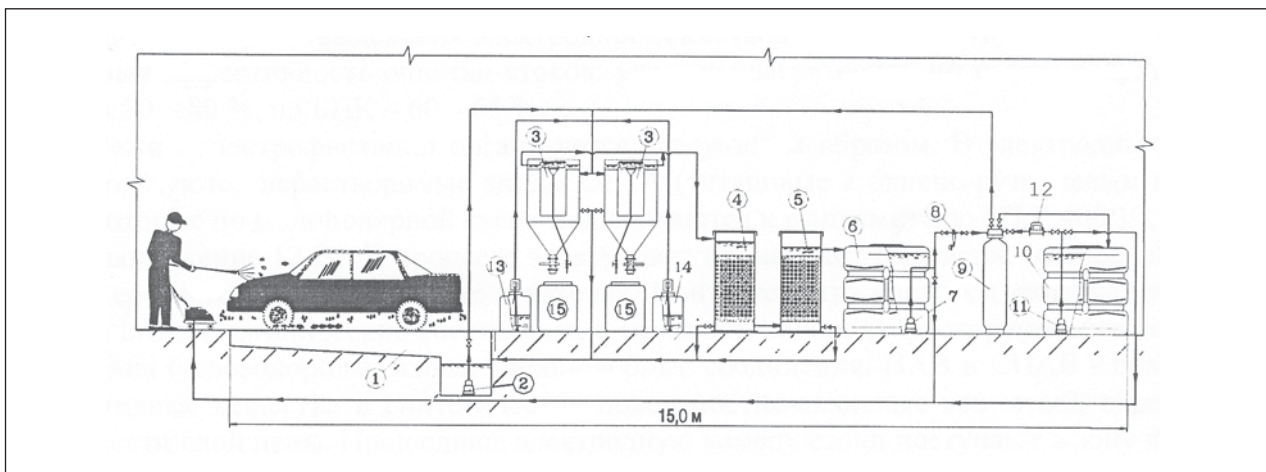
Российский государственный университет туризма и сервиса

В настоящее время одна из серьезнейших проблем мегаполисов — это рост числа автомобилей. Эта проблема связана с необходимостью увеличения дорог и парковок. В то же время такое положение обостряет экологическую ситуацию, связанную с загрязнением окружающей среды выхлопными газами. Кроме того, существует еще один аспект экологической проблемы мегаполисов — это возрастающая потребность в автомобильных мойках и, как следствие, ужесточение требований к технологии очистки сточных вод. Для технологии очистки сточных вод автомоек наибольшую трудность представляет извлечение нефтепродуктов. Углеводороды нефти, содержащиеся в нефтепродуктах (бензин, керосин, мазут, масла и их примеси) вследствие высокой токсичности принадлежат к числу десяти наиболее опасных загрязнителей окружающей среды.

В связи с этим возникает потребность совершенствования технологий очистки сточных вод и внедрения новых технических решений. Одним из примеров подобного рода технологий является технология очистки моечных и поверх-

ностных стоков с территории, разработанная специалистами компании «НВР-БИО» (группа компаний «Национальные водные ресурсы») [1]. Схематичное построение одного из вариантов технологии показано на рисунке. В качестве основы этого варианта технологии используется технология очистки воды коагулянтами, применяемая для очистки поверхностных природных вод в коммунальном водоснабжении. При построении других вариантов этой технологии использованы последние достижения технологии очистки сточных вод, основанные на электрохимических методах: электрокоагуляции и электрофлотации.

На этом примере можно провести анализ современных технических решений, используемых в технологии очистки сточных вод автомобильных моек, а также других технологий, основная и наиболее трудная задача которых — удаление нефтепродуктов. Технология реализована в виде установки «ОСМА» [1], которая предназначена для организации водооборотной системы моек легковых и грузовых автомобилей, а также для очистки поверхностного стока с территорий ав-



Технологическая схема очистки сточных вод автомобильной мойки с водооборотной системой:

1 — песколовка с прямым; 2 — насос подачи стоков на очистку; 3 — открытый гидроциклон; 4 — фильтр 1 ступени (безнапорный); 5 — фильтр 2 ступени (безнапорный); 6 — резервуар условно чистой воды; 7 — насос подачи воды на мойку; 8 — фильтр грубой очистки; 9 — фильтр доочистки (напорный); 10 — резервуар чистой и промывной воды; 11 — насос подачи воды на мойку и промывку фильтра; 12 — насос-повыситель; 13 — бак сернокислого алюминия; 14 — бак полиакриламида; 15 — емкость сбора осадка

тозаправочных комплексов, автопредприятий и гаражей.

Концентрации загрязнений в стоке, поступающем на очистку, должны находиться на следующем уровне: взвешенные вещества — до 1000 мг/л, нефтепродукты — до 70 мг/л, БПК (содержание органических веществ в воде, которые подвержены биологическому разложению, измеряемые в единицах биологически потребляемого на окисление кислорода) — до 40 мг/л. На установке «ОСМА» обеспечивается следующий уровень очистки сточных вод — концентрации загрязнений в очищенных стоках, направляемых в оборотную систему мойки машин с обмывом кузова очищенной водой либо на сброс в городскую систему ливневой канализации: взвешенные вещества — 3–5 мг/л, нефтепродукты — 0,05–0,1 мг/л, БПК — 3–5 мг/л. Данный уровень очистки является допустимым для сброса очищенных стоков в систему городской канализации, поскольку для этого сброса необходимо обеспечить следующие концентрации загрязнений: взвешенные вещества — до 500 мг/л, нефтепродукты — до 4 мг/л, БПК_{полн} — до 500 мг/л.

Основу последних вариантов рассматриваемой технологии составляют электрохимические методы: электрокоагуляция и электрофлотация, что обеспечивается выполнением электродных блоков из разных материалов.

Режим электрокоагуляции организуется следующим образом. Электрохимическая очистка стока проводится в электродной камере, где устанавливаются электродные блоки, выполненные из стали (Ст. 3), которые по биполярной схеме подключены к выпрямителю (ТЕР 400/12, ток до 100 А, напряжение 12 В). В процессе электролиза происходит анодное растворение стали и очищаемая вода обогащается ионами железа, которые в ходе гидролиза дают гидроксиды железа, сорбирующие загрязнения. Таким образом, процесс заключается в электрохимическом синтезе железного коагулянта. Прошедшие электродную камеру стоки поступают в зону вторичного отстаивания, где происходит осаждение хлопьев гидролизированных форм коагулянта. С поверхности при этом собирается пена, образующаяся из-за катодного выделения электродного газа (водорода). При этом обеспечивается следующая эффективность очистки стоков: удаление загрязнений по нефтепродуктам составляет 70–80%, по БПК — 60–65%.

Режим электрофлотации организуется следующим образом. В электродных камерах используются нерастворимые аноды ОРТА

(титановые с окисно-рутениевым покрытием), которые по монополярной схеме подключаются к выпрямителю (ТЕР 400/12, ток до 100 А, напряжение 12 В). В процессе электролиза происходит выделение кислорода и водорода, соответственно, на анодах и катодах. Считается, что кислород окисляет находящиеся в стоках органические соединения, а пузырьки водорода флотируют органические соединения (углеводороды, жиры, жироподобные соединения, ПАВ и СПАВ — поверхностно-активные вещества и синтетические поверхностно-активные вещества), образуя на поверхности слой пены. Прошедшие электродную камеру стоки поступают в зону вторичного отстаивания, где крупные взвеси выпадают в осадок, а с поверхности собирается пена. Флотошлам (пена, содержащая нефтепродукты), образующийся на поверхности отстойника, направляется в бак пенного продукта. В электрофлотаторе обеспечивается следующая эффективность удаления загрязнений: по взвешенным веществам — 70–75%, по нефтепродуктам — 80–90%, по БПК — 70–75%.

Осветленная вода, прошедшая электрохимическую обработку и отстаивание, дополнительно направляется на фильтрацию, для чего используются 2-ступенчатые фильтры грубой очистки. В качестве фильтрующей загрузки в этих фильтрах используется пенополиуретан. Фильтрующий материал регенерируется путем ручного отжима (1 раз в месяц; полная замена фильтрующего материала проводится 1 раз в 1–2 года). Далее стоки направляются на напорные фильтры доочистки с загрузкой из активированного угля. По сведениям разработчиков регенерация адсорбционных фильтров с активированным углем проводится промывкой в течение 6–8 мин очищенной водой. При этом замену фильтрующей загрузки из активированного угля рекомендуется проводить 1 раз в 5–6 лет.

Сточные воды, прошедшие все стадии очистки, имеют следующие показатели: взвешенные вещества — не более 3 мг/л, нефтепродукты — не более 0,05 мг/л, БПК — не более 2 мг/л.

Требования для производственного помещения, имеющие отношение к технологии очистки, по мнению разработчиков, должны сводиться к следующему: наличие естественной вентиляции (дефлектора) помимо общей приточно-вытяжной вентиляции; потолочное перекрытие помещения, где расположены электрофлотаторы, должно быть ровным и не иметь карманов для возможности скопления «вредных» веществ. Однако в [1] не сообщается, что выделяющиеся при работе электродных блоков газы взрывоопасны, по-

сколько представляют собою водород. В случае электрокоагуляции водород будет давать с кислородом воздуха взрывоопасную смесь (гремучий газ); в случае работы установки в режиме электрофлотации, кроме водорода, выделяется также кислород, который не может полностью прореагировать с органическими веществами сточных вод, поскольку углеводороды относятся к трудноокисляемым соединениям. В связи с этим разработчики технологии и оборудования должны указывать степень пожароопасности и взрывоопасности производственных помещений.

Кроме того, необходимо остановиться на стадии адсорбционной очистки сточных вод на фильтрах с загрузкой из активированного угля. Известно [2–4], что адсорбенты не могут быть регенерированы простой промывкой. Удаление нефтепродуктов из адсорбентов требует применения термических методов. Обычно регенерацию проводят в печах, что требует выгрузки адсорбентов из адсорбера после однократного использования и последующей загрузки с обязательным добавлением 15% «свежего» активированного угля. Промывка адсорбента, описанная в [1], не может привести к регенерации активированного угля, т. е. после такой промывки фильтр с загрузкой активированным углем будет работать в качестве дополнительного фильтра. Это заключение тем более справедливо, что рекомендуется менять адсорбент через 5–6 лет. Известно, что активированные угли достаточно легко истираются, поэтому срок в 5–6 лет, по видимому, просто означает механический износ угля как фильтрующего материала.

В настоящее время считается, что среди физико-химических методов очистки сточных вод от нефтепродуктов лучший эффект дает сорбция на углях [5–7]. Сорбция представляет собой один из наиболее эффективных методов глубокой очистки от растворенных органических веществ сточных вод предприятий нефтехимической промышленности. В качестве сорбентов применяют различные пористые материалы: золу, коксовую мелочь, торф, силикагели, алюмогели, активные глины и др. Наиболее эффективными сорбентами являются активированные угли различных марок. Пористость этих углей составляет 60–75%, а удельная площадь адсорбционной поверхности 400–900 м²/г. В зависимости от преобладающего размера пор активированные угли делятся на крупно- и мелкопористые и смешанного типа. Поры по своему размеру подразделяются на три вида: макропоры размером 0,1–2 мкм, переходные размером

0,004–0,1 мкм, микропоры — менее 0,004 мкм. В зависимости от области применения метода сорбционной очистки, места расположения адсорберов в общем комплексе очистных сооружений, состава сточных вод, вида и крупности сорбента и других условий при проектировании выбирают ту или иную схему сорбционной очистки и тип адсорбера. Так, перед сооружениями биологической очистки применяют насыпные фильтры с диаметром зерен сорбента 3–5 мм или адсорбер с псевдоожиженным слоем сорбента с диаметром зерен 0,5–1 мм. При глубокой очистке производственных сточных вод и возврате их в систему оборотного водоснабжения применяют аппараты с мешалкой и намывные фильтры с крупностью зерен сорбента 0,1 мм и менее. Наиболее простым является насыпной фильтр, представляющий собой колонну с неподвижным слоем сорбента, через который фильтруется сточная вода.

Одним из представленных на рынке сорбентов, который рекомендуется в качестве фильтрующей загрузки для очистки сточных вод, загрязненных нефтепродуктами, является сорбент «С-верад» [8]. Разработчики технологии очистки сточных вод с помощью этого сорбента сообщают, что для обеспечения эффективной работы сорбента «С-верад» рекомендуется обеспечивать следующие условия: (1) высота загрузочного слоя не менее 0,8 м, (2) содержание нефтепродуктов на входе до 10 мг/л, (3) содержание взвесей на входе до 10 мг/л, (4) подача фильтруемой воды должна производиться сверху вниз, (5) для получения эффекта снижения нефтепродуктов в стоке с 3–4 мг/л и до уровня менее 0,05 мг/л время контакта должно быть не менее 30 мин, скорость фильтрации не более 4 м/ч; для получения эффекта снижения нефтепродуктов в стоке с 4–10 мг/л и до уровня менее 0,3 мг/л время контакта должно быть не менее 20 мин, скорость фильтрации не более 6 м/ч, (6) на качество очистки влияет наличие СПАВ, солей, взвесей, высокая температура (выше 30°C), (7) в расчетах следует принимать максимальную динамическую сорбционную емкость по нефтепродуктам — 1 г/г, (8) для предотвращения выноса сорбента необходимо организовать поддерживающий слой (дренаж); это может быть установка крупнозернистого песка, гравия, щебня, дробленого антрацита фракцией 3–6 мм (высота 0,25–0,35 м, фракцией 10–40 мм, мелкая фракция недопустима), нетканого материала (типа синтепона); не допускается использование щелевых дренажных систем (или колпачковых дренажей, где конструктивно филь-

трация происходит через щели шириной 0,4–1,0 мм и длиной от 10 мм) без поддерживающего слоя, (9) загрузка в адсорбер производится в сухом виде при одновременном замачивании, (10) по возможности, для оптимизации работы фильтрующей загрузки сорбент присыпается сверху слоем 0,1–0,15 м крупного песка или мелкого щебня, (11) взятие очищенной воды для проведения анализа на содержание нефтепродуктов производить не ранее чем через 8 суток фильтрации, (12) при загрузке сорбента необходимо учитывать 15–20%-ную усадку адсорбента по объему.

Отмечается, что во время испытаний на колонке диаметр испытательной колонки должен быть минимум в 10 раз больше, чем средний диаметр гранулы сорбента, чтобы минимизировать влияние краевого эффекта («проскоков» нефтепродуктов), т. е. составлять не менее 10 см.

При выборе системы сбора и очистки сточных вод рекомендуется руководствоваться следующими положениями: (1) необходимостью максимального уменьшения количества сточных вод и снижения содержания в них примесей; (2) возможностью извлечения из сточных вод ценных примесей и их последующей утилизации; (3) повторным использованием сточных вод (исходных и очищенных) в технологических процессах и системах оборотного водоснабжения.

Исходные данные по расходам сточных вод, их характеристика по содержанию примесей, а также требования к очищенной воде служат основанием для того, чтобы выбрать несколько наиболее подходящих методов, которые подлежат экспериментальной проверке для окончательного выбора одного или нескольких вариантов, обеспечивающих технологическое решение поставленной задачи. На последнем этапе на основании экспериментальных исследований и с учетом технико-экономических показателей из этих вариантов выбирают оптимальный метод очистки сточных вод.

Выбор метода очистки сточных вод предпочтителен зависит от многих факторов: количества сточных вод различных видов, их расходов, возможности и экономической целесообразности извлечения примесей из сточных вод, требований к качеству очищенной воды при ее использовании для повторного и оборотного водоснабжения и сброса в водоем, мощности водоема, наличия районных или городских очистных сооружений.

Очистка нефтесодержащих сточных вод должна обеспечивать: (1) максимальное извлечение ценных примесей для использования их по

назначению; (2) применение очищенных сточных вод в технических процессах; (3) минимальный сброс сточных вод в водоем.

Рассмотрение материала о сорбенте «С-верад» [8] показывает, что о втором основном процессе — о регенерации адсорбента, который во многом определяет экономическую целесообразность этого способа очистки сточных вод, не упоминается.

Серьезная проблема очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты, возникает при очистке средств хранения и транспортировки нефтепродуктов от нефтяных загрязнений. Своевременная и эффективная очистка резервуаров и трубопроводов является обязательным условием, обеспечивающим качество топлива, а также надежность при эксплуатации резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов и трубопроводов. Подобное положение требует пристального внимания к технологии очистки сточных вод, образующихся при очистке и мойке средств хранения и транспортировки нефти и нефтепродуктов. В связи с этим необходимо рассмотреть технические решения, нашедшие применение и в этой области технологии.

В этой группе технологий в большинстве случаев для удаления нефтяных загрязнений с поверхностей различных емкостей и трубопроводов используют воду температурой 70–90°C или пар. Достаточно часто для ускорения процесса отмыва применяют различные моющие вещества, в том числе гидроксид натрия, ПАВ и др. К недостаткам традиционного способа очистки относят высокую стоимость, малую производительность, большие расходы энергии, воды и пара, необходимость наличия очистных сооружений большого объема или дорогостоящего оборудования для отделения нефтепродуктов. При этом от 3 до 7% добытого, перевезенного и сохраненного нефтепродукта теряется безвозвратно в загрязнениях и отходах.

Обычно после завершения процесса отмыва условной емкости технологическая вода, состоящая из отмытого нефтепродукта, раствора моющих веществ и нефтешламов, поступает в пруды-отстойники шламохранилищ. При сбросе такой воды (неочищенной или недостаточно очищенной) в городскую канализацию возникают серьезные технологические проблемы на станциях аэрации и экологические проблемы, связанные с загрязнением углеводородами нефти водоемов и почв. Решение этих проблем требует разработки новых высокоэффективных технологий отмыва загрязненных нефтепродуктами поверхностей. Поэтому компаниями,

специализирующимися в области разработки технологий, решающих экологические задачи, постоянно ведется работа по созданию и внедрению новых технологий.

Так, специалисты компании «Чистый Мир М» сообщают [9] о разработанной ими технологии, позволяющей отделять углеводороды нефти от разного рода материалов. Отмечается, что принцип действия применяемого технического моющего средства «БОК» основан на создании расклинивающего эффекта, в результате которого нефтяные загрязнения отрываются от поверхности и переходят в раствор, а высокая деэмульгирующая способность моющего средства обеспечивает при этом легкое разделение раствора и нефтепродукта без образования эмульсии.

Разработано несколько модификаций технического моющего средства «БОК» для разных типов загрязнений и поверхностей, поскольку отмыв от светлых нефтепродуктов отличается от отмыва с удалением мазута, а процесс обезжиривания металлических поверхностей отличается от очистки почв и грунтов от нефтепродуктов. Особенно сложной задачей является очистка прудов-отстойников и шламонакопителей от застарелых нефтешламов в связи с тем, что основными ингредиентами шламов являются асфальто-смолисто- и парафиновые отложения, обладающие высокими значениями вязкости и температуры размягчения, что затрудняет проникновение раствора в массу загрязнителя. Отмечается, что техническое моющее средство «БОК» используется в виде водных растворов с рабочей концентрацией 2–4% мас., не содержит щелочей и фосфатов, имеет 4-й класс опасности по ГОСТ 12.1.007–76. Принципиальной особенностью «БОК», как сообщают разработчики, является сбалансированность состава, обеспечивающая хорошую смачивающую и максимальную эмульгирующую способность рабочих растворов, что позволяет удерживать загрязнитель в растворе с образованием электрически заряженных агрегатов. Композиции «БОК» содержат в своем составе полиэлектролиты, предотвращающие процесс ресорбции, ингибиторы коррозии и другие вспомогательные вещества. Для некоторых технологий предусмотрен беспенный процесс отмыва.

Однако информация о высокой эмульгирующей способности средства «БОК» противоречит информации, представленной в том же материале [9], о высокой деэмульгирующей способности этого средства.

Процесс отмыва ведут в непрерывном режиме, при этом образуются три фазы: верхний

слой нефтепродуктов, водный слой и нижний слой (отмытый грунт, механические примеси). Степень очистки поверхностей от загрязнителей зависит от температуры моющего раствора, а также от способа (погружной, струйный и др.) и времени отмыва.

Относительно экономической эффективности разработанного технического моющего средства и технологии на его основе сообщается следующее: технология отмыва нефтепродуктов с использованием «БОК» рентабельна благодаря утилизации выделенного нефтепродукта. Отмытые нефтешламы, грунты, механические примеси предложено перерабатывать в строительные материалы. Остаточное содержание нефтепродуктов в твердых продуктах после отмыва не превышает 2 г/кг, что позволяет, по мнению разработчиков, использовать их в грунтах для озеленения промышленных площадок. Кроме того, разработанное моющее средство обладает малой степенью токсичности и может многократно использоваться в оборотном цикле.

Технологии на основе технического моющего средства «БОК» предлагается применять для отмыва резервуаров автозаправочных станций от светлых нефтепродуктов, чистки резервуаров различных емкостей от темных и светлых нефтепродуктов, отмыва грунтов и шламов, загрязненных нефтепродуктами, и т. п. Кроме того, это средство предлагается использовать на стационарных комплексах отмыва внутренних и внешних поверхностей железнодорожных цистерн, грузовых танков нефтеналивных судов, резервуаров нефтебаз, нефтехранилищ, нефте-терминалов.

Таким образом, анализ технических решений в технологии очистки сточных вод автомоек, а также смежных технологий показал, что существуют проблемы с реализацией новых технологических разработок в этой области, а также проблемы с рентабельностью этих разработок. Это позволяет сделать вывод о том, что разработка технологий очистки сточных вод должна строиться комплексно и включать не только решение задач непосредственно самой целевой технологии, но и, например, такие задачи, как эффективная регенерация адсорбентов, как по технологическим, так и по экономическим показателям, задачи утилизации или использования в качестве сырья отходов разрабатываемой технологии. В противном случае новые технические решения не будут востребованы.

Кроме того, следует отметить, что анализ информации, представляемый в рекламных ма-

териалах, показывает, что этой информации недостаточно для оценки эффективности того или иного нового технического решения. Это, в свою очередь, приводит к определенным трудностям

при принятии обоснованных управленческих решений и в связи с этим затрудняет сам процесс разработки и внедрения новых технических решений.

Литература

1. Рекламный проспект. ООО «Национальные Водные Ресурсы». 2005. — 2 с.
2. Кинле Х., Бадер Э. Активные угли и их практическое применение. Пер. с нем. — Л.: Химия, 1984. — 216 с.
3. Когановский А. М., Левченко Т. М., Кириченко В. А. Адсорбция растворенных веществ. — Киев: Наукова думка, 1977. — 224 с.
4. Когановский А. М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. — Киев: Наукова думка, 1983. — 240 с.
5. Когановский А. М., Левченко Т. М., Кириченко В. А. Зависимость адсорбции органических веществ и их смесей активированным углем из водных растворов от структуры молекул // Физическая адсорбция из многокомпонентных фаз. — М.: Наука, 1972. — С. 148–155.
6. Когановский А. М., Селькова А. А. Адсорбция ароматических углеводородов, производных бензола из водных растворов на угле КАД // Украинский химический журнал. — 1972. — Т. 38. — № 9. — С. 885–890.
7. Когановский А. М., Клименко Н. А., Левченко Т. М. Адсорбция органических веществ из воды. — Л.: Химия, 1990. — 256 с.
8. Рекламный проспект. ООО ПП «Арталия». 2006. — 8 с.
9. Рекламный проспект. ООО «Чистый мир М». 2006. — 4 с.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

В. Е. Емельянов. Производство автомобильных бензинов. — М.: Издательско «Техника», 2008. — 192 с.

В книге изложены требования к качеству вырабатываемых и перспективных автомобильных бензинов.

Приведено краткое описание современных технологических процессов переработки нефти с целью получения бензиновых компонентов. Рассмотрено производство различных оксигенатов — высокооктановых кислородсодержащих соединений, применяемых в составе автобензинов.

Подробно охарактеризованы физические, химические и эксплуатационные свойства различных бензиновых компонентов, а также присадок и добавок для улучшения эксплуатационных свойств.

Рассмотрены вопросы контроля качества, транспортирования, хранения и применения автобензинов.

Монография предназначена для инженерно-технических работников предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, работников автотранспортных предприятий, а также бизнесменов, экономистов и менеджеров этих отраслей.

А. М. Данилов. Введение в химмотологию
М.: Издательство «Техника», 2003. — 464 с.

Приводится обширный справочный материал по характеристикам и эксплуатационным свойствам и применению топлив, масел, специальных жидкостей. Изложены принципы создания и эксплуатации двигателей.

Книга адресована широкому кругу читателей.

Проблемы обеспечения автотранспорта на АЗС качественным топливом

С. А. Зыков

Московский государственный агроинженерный университет
им. В. П. Горячкина

Автомобильный транспорт России является одним из самых динамично развивающихся секторов мирового автомобильного рынка. Так, за последнее десятилетие количество автомобилей в нашей стране возросло более чем в 1,7 раза, при этом доля иномарок в российском автопарке достигла 20% и продолжает расти.

Совершенствование конструкции двигателей отечественных и импортных автомобилей, повышение требований к их надежности и долговечности вызвали ужесточение требований к качественным показателям производимых моторных топлив.

На сегодняшний день ассортимент и качество вырабатываемых моторных топлив определяются структурой автомобильного парка страны, техническими возможностями отечественной нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, а также экологическими требованиями, которые в последнее время стали определяющими.

Отрицательное влияние выбросов отработанных газов автомобилей на окружающую среду приводит к необходимости ужесточать требования к составу отработавших газов. Так, в Москве, где эксплуатируется около 3 млн автомобилей, выбросы в атмосферу вредных веществ с отработавшими газами составляют более 1 млн т/год, что требует принятия неотложных мер по снижению этих выбросов.

Еще недавно считалось, что моторное топливо нефтяного происхождения будет активно вытесняться альтернативными видами топлив (сжатым природным газом, сжиженным нефтяным газом, спиртом, водородом и др.), оказывающими менее губительное воздействие на окружающую среду.

Однако освоение данных альтернативных видов топлива встречает определенные технические и экономические трудности, поэтому есть уверенность, что моторное топливо нефтяного происхождения останется на ближайшие десятилетия основным для карбюраторных и дизельных двигателей.

Особенно сильное загрязнение воздушного бассейна отработавшими газами наблюдается в крупных мегаполисах с большим числом

эксплуатируемых автомобилей. С целью снижения вредных выбросов автомобили стали оборудовать каталитическими системами нейтрализации отработавших газов, что также ведет к ужесточению требований к качеству моторного топлива, которое влияет на ресурс работы нейтрализаторов.

Большое значение для реализации этих требований, наряду с улучшением качества топлив за счет совершенствования технологий производства, введения современных присадок и т. п., имеет сохранение качества топлива на пути от нефтеперерабатывающего завода до бака автомобиля.

Главные причины, которые вызывают изменение качественных показателей топлив, — это процессы, связанные с воздействием окружающей среды (загрязнение, обводнение, окисление, испарение, биозаражение и т. п.) на него.

Одним из основных факторов, характеризующих качество топлив и оказывающих огромное влияние на их эксплуатационные свойства, является степень чистоты.

Показатели качества эксплуатационных свойств автомобильных топлив приводятся в ГОСТ 4.25–83 «Нефтепродукты. Топлива жидкие. Номенклатура показателей». Одним из важнейших показателей качества является чистота автомобильных топлив, а именно отсутствие содержания механических примесей и воды.

Прежде чем топливо попадет в бак автомобиля, оно, как правило, проходит длинную технологическую цепочку: нефтеперерабатывающий завод, железнодорожная цистерна, резервуар нефтебазы, автоцистерна, резервуар АЗС, топливораздаточная колонка.

В процессе этой технологической цепочки происходят многократные сливо-наливные операции, вследствие чего в топлива попадают твердые и жидкие загрязнения, способствующие интенсивному износу техники.

Количество, структура, химический и гранулометрический состав содержащихся в топливах загрязнений, изменяются в довольно широких пределах.

К твердым загрязнениям относятся минеральные примеси, оксиды металлов, про-

Табл. 1. Физические показатели минеральных примесей

Наименование	Твердость по шкале Мооса, баллы	Микротвердость, мПа
Оксид кварца	9,7	20000–21000
Оксид алюминия	6,0	10500–11300
Полевой шпат	6,5	7000–7200
Детали системы питания	8,0	8000–11000

дукты износа и коррозии металлов, частицы прокладочно-уплотнительных и конструкционных материалов и другие вещества.

В табл. 1 приводятся физические показатели некоторых минеральных примесей, содержащихся в автомобильных топливах и твердость рабочих поверхностей деталей системы питания двигателей.

Как видно из табл. 1, минеральные примеси имеют твердость по шкале Мооса и микротвердость, равную или выше твердости рабочих поверхностей деталей системы питания двигателя.

Механические загрязнения попадают в топлива в результате коррозии металлов, износа трущихся пар, вымывания компонентов из прокладочно-уплотнительных материалов и контакта с запыленной атмосферой. Крупные частицы размером более 20 мкм быстро оседают, а частицы меньшего размера длительное время остаются в топливах и играют роль центров коагуляции для соединений органического происхождения.

Вода в топливе может находиться в трех состояниях: свободном, эмульсионном и растворенном. Вода попадает в топливо в результате сливо-наливных операций, больших и малых дыханий резервуаров, конденсируется из воздуха на внутренних стенках складских и транспортных емкостей и топливных баков машин. Известно, что топлива обладают обратимой гигроскопичностью, то есть при определенных условиях (повышение температуры и атмосферного давления) растворяют атмосферную влагу, находящуюся в воздухе в виде паров, а с изменением этих условий выделяют ее из раствора в виде микрокапель.

Механические загрязнения, находящиеся в топливе, влияют на работоспособность и существенно снижают надежность как топливной аппаратуры, так и двигателя в целом. Например, при эксплуатации дизелей около 50% всех отказов двигателей приходится на топливную систему и более половины этих отказов вызваны загрязненностью топлива. Кроме того,

механические загрязнения, попадая с топливом в цилиндры двигателя, становятся причиной износа деталей цилиндропоршневой группы.

Особенно опасны механические частицы загрязнений для топливной аппаратуры дизельных двигателей. Механические частицы, попадая в топливный насос высокого давления и форсунки, изнашивают прецизионные пары, а также сопловые отверстия распылителей. Это приводит к нарушению процесса подачи топлива, в результате чего ухудшается процесс его сгорания и увеличивается его расход, снижается устойчивость работы двигателя (особенно на малых оборотах и на холостом ходу), повышается дымность и токсичность отработавших газов, ухудшаются пусковые и мощностные свойства двигателя, происходит его перегрев.

В бензиновых двигателях механические частицы оседают в каналах жиклеров карбюраторов, уменьшают их сечения и нарушают регулировки, а попадая в камеру сгорания, вызывают абразивный износ деталей цилиндропоршневой группы, уменьшая тем самым давление сжатия в камере сгорания, что приводит к прорыву горячих газов в картер двигателя, снижает его мощность и увеличивает расход топлива.

Наличие в топливе свободной воды даже в небольших количествах ведет к неравномерному его распылению, изменяет поверхностное натяжение капель топлива, что вызывает значительное увеличение их размеров. Вода также отрицательно влияет на процессы испарения топлива, снижает температуру и уменьшает давление паров топлива.

Вода в топливе способствует образованию шламов, которые приводят к засорению топливопроводов и фильтров, затрудняют запуск двигателя. В зимнее время в результате образования кристаллов льда в топливе может прекратиться его подача в двигатель, может снизиться прочность фильтрующих перегородок и произойти их разрушение.

Присутствие воды резко снижает смазывающие свойства топлива по отношению к прецизионным парам, что повышает их износ. Работа на обводненном топливе может вызвать коррозию топливной аппаратуры, так как если в топливе имеется вода, то содержащиеся в нем активные в коррозионном отношении вещества (кислоты, щелочи, сернистые соединения, перекиси и т. п.) диссоциируют в водном растворе, образуя электролиты, вызывающие электрохимическую коррозию.

Присутствие воды в топливе способствует его микробиологическому загрязнению.

Табл. 2. Прогнозируемые требования к качеству автомобильных бензинов в РФ на период до 2010 г.

Показатели качества	Марки бензинов					
	2005 г.			2010 г.		
	Нормаль	Регуляр	Премиум	Нормаль	Регуляр	Премиум
Октановое число по исследовательскому методу, не менее	80	92	95	80	92	95
Октановое число по моторному методу, не менее	76	83	85	76	83	85
Концентрация свинца, не более:						
в неэтилированных бензинах, г/дм ³	0,013	0,010	0,005	0,005	<0,001	<0,001
в этилированных бензинах, г/дм ³	—	—	—	—	—	—
Массовая доля серы, % об, не более	0,10	0,05	0,015	0,05	0,015	0,015
Содержание олефиновых углеводородов, % об, не более	10	10	10	15	10	10
Содержание ароматических углеводородов, % об, не более	35	42	42	35	40	35
Содержание бензола, % об, не более	3	3	1	3	2	1
Температура перегонки 90% об., °С	180	180	180	175	175	175
Температура конца кипения, °С	210	210	210	195	195	195
Плотность при 15°С %, кг/м ³ :						
минимум	700	720	720	700	715	715
максимум	750	775	775	750	770	770
Содержание воды и механических примесей	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.

Табл. 3. Прогнозируемые требования к качеству дизельных топлив в РФ на период до 2010 г.

Типы дизельных топлив	Основные показатели качества									
	Цетановое число, не менее		Конечная температура перегонки, °С		Массовая доля серы, %		Содержание ароматических углеводородов, % мас.		Содержание воды и мех. примесей, % мас.	
	2005 г.	2010 г.	2005 г.	2010 г.	2005 г.	2010 г.	2005 г.	2010 г.	2005 г.	2010 г.
Топлива для междугородного автотранспорта, с/х техники и использования в малых городах:										
летнее	49	49	360	360	0,5	0,3	25	25	Отс.	Отс.
зимнее	45(49)	45(49)	340(360)	340(360)	0,3	0,2	25	25	Отс.	Отс.
Городские топлива с улучшенными экологическими свойствами:										
летнее	50	52	360	0,1	0,05	0,05	20	20	Отс.	Отс.
зимнее	45(49)	47(50)	340(360)	340(360)	0,05	0,05	20	15	Отс.	Отс.
Зарубежные нормы и рекомендации для топлив, реализуемых на рынках:										
с минимальными экологическими требованиями	48		370		0,3		Не норм. 25	-	Отс.	Отс.
с повышенными экологическими требованиями	53		365		0,03		10	-	Отс.	Отс.
с очень высокими экологическими требованиями	55		350		0,003			-	отс.	отс.

Табл. 4. Загрязненность автомобильных бензинов летом в средней климатической зоне РФ

Показатель	Железнодорожная цистерна	Сливной патрубок АЦ	ТРК АЗС
Содержание механических примесей, % мас.	0,0026	0,0009	0,00078
Количество частиц различного размера (мкм), шт./мл			
1–10	23400	10310	44850
10–20	1650	2137	3940
20–30	347	333	300
30–40	158	250	148
40–50	94	148	68
более 50	28	36	21
Содержание воды, % мас.	0,021	0,026	0,03

Табл. 5. Загрязненность дизельного топлива летом в средней климатической зоне РФ

Показатель	Нефтебаза		Автомобильная цистерна		АЗС	
	Резервуар	Раздаточный стояк	После транспортировки	Сливной патрубок	Резервуар	ТРК
Содержание механических примесей, % мас.	0,003	0,0019	0,0049	0,0056	0,00126	0,0093
Количество частиц различного размера (мкм), шт./мл						
1–10	6840	4660	12300	12640	15600	10600
10–20	1540	1590	3080	3670	5090	4090
20–30	628	616	670	1000	1600	1460
30–40	100	88	262	938	528	412
40–50	2	–	20	84	296	154
более 50	–	–	–	10	68	18
Содержание воды, % мас.	0,025	0,020	0,023	0,025	0,025	0,018

Исследование влияния микроорганизмов на свойства топлив показало, что при воздействии микроорганизмов существенно увеличиваются кислотность топлива, содержание в нем смол, йодное число, вязкость, снижаются термическая стабильность и испаряемость.

Согласно действующим на сегодняшний день в Российской Федерации ГОСТ 2084–77, ГОСТ Р51105–97, ГОСТ Р51866–202 и 42 техническим условиям на производство автомобильных бензинов, а также ГОСТ 305–82 и 29 техническим условиям на производство дизельных топлив, в них не должно содержаться механических примесей и воды.

В прогнозируемых требованиях к качеству автомобильных бензинов и дизельного топлива в РФ на период до 2010 г. (табл. 2 и 3), составленных на основе действующих европейских стандартов EN 228–2000 «Качество и методы испытаний неэтилированного бензина» и EN 590–1999 «Моторные топлива для ДВС – Дизель – Требования и методы испытаний»,

содержание механических примесей и воды недопустимо.

Однако при исследовании загрязненности автомобильных бензинов и дизельных топлив в средней климатической зоне РФ (табл. 4 и 5) в них обнаружены в значительных количествах механические примеси и вода.

Анализ результатов проведенного исследования уровня загрязненности нефтяных топлив позволяет сделать вывод, что процесс его загрязнения механическими примесями и водой происходит по всей технологической цепочке доставки топлива от нефтебаз до баков автомобилей и достигает значительных величин, что, безусловно, отрицательно сказывается на работе двигателей.

Загрязненность нефтяных топлив механическими частицами требует применения на АЗС дополнительных средств очистки топлив, которыми могут служить широко выпускаемые в течение многих лет отечественные топливные фильтры марки «ФГТ» или «ФГН»,

Табл. 6. Технические показатели топливных фильтров

Показатель	Марка фильтра							
	ФГТ-15	ФГТ-30	ФГТ-60	ФГН-30	ФГН-60	ФГН-120	ФГТ-30р	ФГТ-50р
Пропускная способность, м³/ч	15	30	60	30	60	120	30	60
Фильтрующая поверхность, м²	1	2	4	1,7	2,4	4,0	1,3	2,5
Рабочее давление, кПа	40	40	80	80	80	150	40	40
Тонкость фильтрации, мкм	30–40	30–40	30–40	15–20	15–20	15–20	15–20	15–20
Вес, кг	15	40	71	40	64	81	40	60
Температура применения, °С	+/-50							

Табл. 7. Технические показатели топливных фильтров

Показатель	Марка фильтра							
	ФВВу-20	ФВВу-30	ФВВу-45	ФВВу-60	ФВВк-20	ФВВк-30	ФВВк-45	ФВВк-60
Пропускная способность, м³/ч	20	30	45	60	20	30	45	60
Рабочее давление, МПа	12							
Входная обводненность, % мас.	0,05							
Объем корпуса, л	20	30	45	60	20	30	45	60
Вес, кг	34	40	90	105	34	40	90	105
Температура применения, °С	+/-50							

технические показатели которых приведены в табл. 6.

Обводненность нефтяных топлив требует применения на АЗС дополнительных средств очистки топлив, которыми могут служить широко выпускаемые в течение многих лет отечественные фильтры-водоотделители марки «ФВВ»,

технические показатели которых приведены в табл. 7.

Установка топливных фильтров и фильтров-водоотделителей позволит значительно снизить загрязненность и обводненность отпускаемых автомобильных топлив на автозаправочных станциях.

Литература

1. Коваленко В. П., Турчанинов В. Е. Очистка нефтепродуктов от загрязнения. — М.: Недра, 1990. — 160 с.
2. Сафонов А. С., Ушаков А. И., Орешенков А. В. Качество автомобильных топлив. — СПб.: НПИКЦ, 2006. — 393 с.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

В. Е. Емельянов. Производство автомобильных бензинов. — М.: Издательско «Техника», 2008. — 192 с.

В книге изложены требования к качеству вырабатываемых и перспективных автомобильных бензинов.

Приведено краткое описание современных технологических процессов переработки нефти с целью получения бензиновых компонентов. Рассмотрено производство различных оксигенатов — высокооктановых кислородсодержащих соединений, применяемых в составе автобензинов.

Подробно охарактеризованы физические, химические и эксплуатационные свойства различных бензиновых компонентов, а также присадок и добавок для улучшения эксплуатационных свойств. Рассмотрены вопросы контроля качества, транспортирования, хранения и применения автобензинов.

Монография предназначена для инженерно-технических работников предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, работников автотранспортных предприятий, а также бизнесменов, экономистов и менеджеров этих отраслей.

Актуальные вопросы повышения качества переподготовки руководящего состава и специалистов транспортных предприятий и автосервиса

С. Г. Зубриский, К. Е. Карпухин

Московский государственный технический университет «МАМИ»

Быстрый рост автомобильного парка Москвы привел к тому, что в настоящее время Москва вплотную подошла к уровню автомобилизации, достигнутому основными мегаполисами мира за более чем столетний период развития автомобильного транспорта. Так, автомобильный парк Москвы за период с 2000 по 2007 г. увеличился с 2,32 до 3,2 млн единиц, парк самоходной техники (строительно-дорожные машины, коммунальные машины и прочая техника) — с 26,5 до 55 тыс. машин. Это привело к существенным качественным и количественным изменениям в структуре парка автотранспортных средств города Москвы. Изменились формы собственности на предприятиях технического сервиса по техническому обслуживанию и ремонту автототранспортных средств и самоходной техники.

Прирост парка будет стимулировать развитие инфраструктуры технического сервиса автототранспортных средств и самоходной техники, основными задачами которой являются повышение качества и уровня обслуживания транспортных средств, принадлежащих населению, создание необходимых экономико-правовых отношений, инвестиционных условий и механизмов стимулирования с привлечением внебюджетных средств, обеспечивающих эффективное развитие системы технического сервиса.

Качественная и безопасная эксплуатация АМТС и СТ обеспечивается техническим сервисом — системой экономических, технических и организационных мероприятий и средств, включающих продажу новых и поддержанных автототранспортных средств, комплектующих к ним, эксплуатационных материалов и сопутствующих товаров, новых и восстановленных запасных частей, горюче-смазочных материалов, поддержание автотранспортных средств в исправном состоянии путем их своевременного диагностирования, технического обслуживания и ремонта.

Такой подход может эффективно осуществляться лишь в рамках программно-целевого метода реализации таких направлений.

24 июня 2008 г. правительством Москвы было принято постановление о развитии инфраструктуры технического сервиса автототранспортных средств и самоходной техники в городе Москве.

Данный вопрос поднимает проблемы, связанные с кадровым обеспечением технического сервиса АМТС и СТ.

Качество технического обслуживания и ремонта АМТС напрямую зависит от качества исходных материалов (запасные части и эксплуатационные материалы), совершенства применяемых технологий и оборудования, а также кадрового обеспечения предприятий технического сервиса — уровня профессиональной компетенции операторов инфраструктуры технического сервиса: производственных рабочих, инженерно-технических работников, руководителей-специалистов.

Технологическая потребность в специалистах для пунктов технического сервиса возрастет к 2010 г. практически в 3 раза. Общая технологическая потребность в специалистах, обслуживающих развивающийся парк автомобилей, приведена в таблице.

Технологическая потребность в специалистах технического сервиса определена на основании анализа отечественного и зарубежного опыта, включая дилеров иностранных фирм, работающих в России, при этом предусматривается изменение исходных данных расчета, основанных на следующих тенденциях, свойственных паркам легковых и грузовых автомобилей.

В настоящее время на предприятиях технического сервиса города Москвы работает около 27000 человек, имеющих профессиональную подготовку в области технического сервиса автомобилей, из них меньше 50% обладают знаниями и умениями, позволяющими проводить качественное техническое обслуживание современных автомобилей.

Ежегодная потребность в высококвалифицированных специалистах составляет по экспертным оценкам более двух тысяч человек.

Существующая система профессионально-технического обучения обеспечивает ежегодный

Прогноз технологической потребности специалистов и руководителей инфраструктуры технического сервиса, % к 2010 г.

Год	На ПТС	Всего
2006	100	116
2007	119	188
2008	125	203
2009	132	215
2010	143	304

выпуск в среднем 3500 человек, из них по специальности «автомеханик» более 2500 человек, из которых только 3% реально могут быть востребованы современными предприятиями технического сервиса.

Так, по экспертным оценкам специалистов по персоналу Холдинга «Атлант-М», объединяющего более 8 компаний, оказывающих услуги по продаже и техническому обслуживанию автомобилей марок ВАЗ, Mazda, Фольксваген, МАЗ, КАМАЗ, МТЗ, из 100% кандидатов на работу на должности автомеханика, имеющих дипломы о профессиональном образовании, конкурсный отбор проходят только 2–3%.

В ходе мониторинга анкет кандидатов, претендующих на должность автомеханика, установлено, что 97–98% из них обучались в технических учебных заведениях по стандартным учебным планам и рабочим программам. В ходе обследования технических учебных заведений, готовящих специалистов для предприятий технического сервиса и автотранспортных предприятий, удалось установить, что общее число специалистов, вовлеченных в образовательный процесс, в зависимости от учебного заведения, составляет от 3 до 60 человек.

Доля преподавателей, имеющих опыт работы на предприятиях технического сервиса или автотранспортных предприятий в условиях рыночной экономики, составляет не более 10% от общего числа, что в итоге составляет только 18% учебных заведений, которые могут готовить специалистов, пользующихся спросом на рынке труда.

Количество учащихся в группах составляет в среднем 25–27 человек, что в ряде случаев негативно сказывается на качестве образовательного процесса в целом, из-за высокой дисперсии способностей к восприятию обучающихся.

На сегодняшний день из 44 учебных заведений, готовящих специалистов для предприятий, оказывающих сервисные услуги, только 18%

осуществляют подготовку по новым специальностям (таким как автомеханик-технолог, специалист по современным топливным системам автомобилей, специалист по обслуживанию дорожной техники, автомеханик-диагност и др.), более или менее представляющих собой отражение рыночного спроса. Остальные 82% готовят кадры по специальности «автомеханик» по учебным программам, которые давно утратили ориентацию на рыночную специфику и не могут обеспечить подготовку специалистов требуемой квалификации.

Низкий уровень подготовки кадров объясняется и отсутствием необходимой материально-технической и учебно-практической базы. Так, например: только 25% учебных заведений имеют необходимые учебные и наглядно-демонстрационные пособия, 2% используют в процессе обучения компьютеры и видеопрограммы. Большинство профессионально-технических учебных заведений используют как морально, так и технически устаревшие образцы техники и других наглядных пособий. Многие учебные заведения осуществляют проведение практики на базе государственных или бывших государственных предприятий в основном для обслуживания грузовых автомобилей, которые уже давно не соответствуют рыночным критериям, и не могут предоставлять сервисные услуги необходимого качества. И только 30% учебных заведений имеют договора о проведении практики с техническими центрами по сервисному обслуживанию современных автомобилей.

Следует особо отметить, что обучение и практические занятия проводятся на морально устаревших образцах техники, например на узлах и агрегатах таких автомобилей, как ГАЗ-51, ГАЗ-52, ГАЗ-21, ГАЗ-24, ВАЗ-2101.

Все выше отмеченное увеличивает процент невостребованных специалистов (фактически безработных) на рынке труда города Москвы. В целом проблемы учебных заведений,готавливающих специалистов в области сервисных услуг, сводятся к следующему:

1. Отсутствует необходимая квалификация у педагогического состава.
2. Учебный процесс осуществляется без учета способностей учащихся к восприятию информации и в неэффективных по количественному составу группах.
3. В большинстве случаев в профессионально-технических учебных заведениях отсутствуют современные обучающие программы, материально-техническая база и договора о проведении практики с предприятиями техниче-

ского сервиса, обслуживающими современную автомобильную технику.

Не эффективна система распределения молодых специалистов.

Участвуя в подготовке соответствующего постановления правительства г. Москвы и проведя подробный анализ состояния вопроса в городе, руководство МГТУ «МАМИ» приняло решение о создании в конце прошлого года Центра по повышению квалификации специалистов автосервиса. В текущем году в Центре

повысили квалификацию 128 специалистов всех пунктов технического осмотра г. Москвы. Ведется организационно-методическая работа по подготовке и переподготовке контролеров технического осмотра (ежегодно проходить обучение будут 2 и 6 учебных групп соответственно), переподготовке специалистов Центральной автобазы ГТК, а также предприятий, входящих в Национальную ассоциацию предприятий технического обслуживания и ремонта (НАПТО).

Требования к оформлению и представлению материалов для публикации

1. К статье должен быть приложен реферат (не более 10 строк).
2. Объем статьи не должен превышать 15 страниц, включая таблицы, список литературы и рисуночные подписи.
3. Материалы для публикации должны быть представлены в двух видах: текст, набранный в программе Microsoft Word на листах формата А4, распечатанный на принтере; дискета или компакт-диск с тем же текстом (файлы формата DOC или RTF), можно также прислать статью с помощью электронной почты. Рисунки представляются в формате EPS или TIFF (300 dpi, CMYK или grayscale), за исключением рисунков, сделанных в программах Microsoft Office (Excel, Visio, PowerPoint и т. д.), которые представляются в оригинале.
4. Текст статьи должен быть распечатан в двух экземплярах через два интервала на белой бумаге формата А4. Слева необходимо оставлять поля шириной 4–5 см. Страницы должны быть пронумерованы.
5. Графическая информация представляется в черно-белом виде (за исключением фотографий). Дублирование данных в тексте, таблицах и графиках недопустимо.
6. Графический материал должен быть выполнен четко, в формате, обеспечивающем ясность всех деталей. Обозначение осей координат, цифры и буквы должны быть ясными и четкими. Необходимо обеспечить полное соответствие текста, подписей к рисункам и надписей на них.
7. Простые формулы следует набирать как обычный текст, более сложные — с использованием редактора формул программы MS Word. Нумеровать нужно формулы, на которые имеются ссылки в тексте. В то же время нежелательно набирать формулы или величины, располагающиеся среди текста, с помощью редактора формул.
8. При выборе единиц измерения необходимо придерживаться Международной системы единиц СИ.
9. Список литературы приводится в конце рукописи на отдельном листе, в тексте указываются только номера ссылок в квадратных скобках, например [2]. Оформление библиографии должно соответствовать ГОСТ 7.1–76.
10. В начале статьи нужно указать полное название учреждения, в котором выполнена работа. Статья должна быть подписана всеми авторами.
11. К статье должны быть приложены следующие сведения: фамилия, имя и отчество (полностью), место работы, а также полный почтовый адрес (с индексом), адрес e-mail и номера телефонов каждого автора, нужно указать также адрес для переписки и контактный телефон.

Основы сервисной логистики и возможность ее использования в сфере общественного пассажирского транспорта

Л. Б. Миротин
МАДИ-ГТУ

1. Концептуальные положения логистики. Терминологические понятия и определения

В настоящее время, уже безусловно, логистика понимается как наука, предметом которой является движение, создание необходимого комфорта или обработка и распределение людских, материальных, финансовых и информационных потоков. Одной из целей логистики является удовлетворение спроса потребителей путем оптимизации людских и материальных потоков с помощью организации информационных потоков на основе системного подхода.

Системный подход является концептуальной основой логистики, он включает теорию систем, проектирование и структурирование системы с целью оптимизации использования пространственных и временных ресурсов, организацию людских, материальных, финансовых и информационных потоков.

До последнего времени традиционно считалось, что основным объектом логистического управления является материальный поток — совокупность физических объектов, воспринимаемая как единое целое. Поэтому отправной точкой при организации логистических систем являлась ориентация системы на материальные потоки, которые с помощью цепочки логистических операций проходят через различные фазы существования на пути от поставщика к конечному потребителю. В связи с этим одной из важнейших задач является оптимизация материальных потоков, повышение их скорости при сохранении на соответствующем уровне всех параметров и повышение экономической эффективности обслуживаемых процессов.

Одним из ключевых понятий логистики является материальный поток. Материальные потоки образуются в результате выполнения определенных логистических операций (транспортировка, складирование) с продукцией (сырьем, полуфабрикатами и готовыми изделиями) на всем пути от первичного источника сырья до конечного потребителя. При этом, в зависимости от структуры производства, материальные потоки могут протекать как между группой

предприятий, так и внутри отдельно взятого предприятия.

Под материальными потоками в логистике понимается продукция в виде грузов, деталей, товарно-материальных ценностей и т. д., рассматриваемая в процессе приложения к ней различных логистических операций и отнесенная к определенному временному интервалу. Материальный поток, рассматриваемый в определенный момент времени, вне рамок конечного временного интервала получил название материального запаса. Единицей измерения материального потока служит отношение размерности продукции (единицы, тонны, м³ и т. д.) к размерности временного интервала (сутки, месяц, год и т. д.).

По отношению к функционирующей логистической системе различают внешние, внутренние, входные и выходные материальные потоки. Внешний — материальный поток, протекающий вне пределов рассматриваемой системы; внутренний — материальный поток внутри данной системы; входной — внешний материальный поток, поступающий в данную систему из внешней среды; выходной — материальный поток, поступающий из рассматриваемой логистической системы во внешнюю среду.

Образующей составляющей материального потока служит выполнение определенного рода действий с множеством материальных объектов. Эти действия называются логистическими операциями. Под логистическими операциями понимается обособленная совокупность действий, направленная на преобразование материального, финансового и/или информационного потока. К типовым логистическим операциям относят транспортировку, комплектацию, складирование, упаковку, погрузку, разгрузку и другие операции. Логистическая операция задается начальными условиями, характеристиками внешней среды и целевой функции. Логистические операции, связанные с обеспечением производственного процесса, называются внутренними, а направленные на реализацию функций снабжения и сбыта — внешними.

Управление материальным потоком требует выполнения особого рода логистических операций, таких как сбор, хранение обработка и передача информации и финансовых эмитентов, поскольку материальный поток существует вместе с соответствующим информационным потоком.

Информационным потоком называется совокупность циркулирующих в логистической системе, а также между логистической системой и внешней средой сообщений, необходимых для контроля логистических операций и управления материальными и финансовыми потоками. Информационный поток может существовать в виде бумажных и электронных документов, а также в речевой форме; финансовый поток — в денежных и прочих эмитентах.

По отношению к логистической системе различают следующие информационные потоки: внутренние — циркулирующие внутри логистической системы; внешние — циркулирующие между логистической системой и внешней средой; входные и выходные — соответственно, входящие в логистическую систему и выходящие из нее; горизонтальные — зона обращения которых ограничивается одним иерархическим уровнем логистической системы и вертикальные — затрагивающие различные уровни управления. Информационный поток измеряется количеством обрабатываемой информации за единицу времени. Среди основных характеристик информационного потока выделяют тип данных, скорость и интенсивность передачи, пропускную способность каналов передачи информации и др. Свою специфику имеет и финансовый поток.

Персонал и объекты инфраструктуры, обслуживающие информационные потоки системы, образуют логистическую информационную систему — особую интерактивную структуру, которая объединяет множество информационных потоков, циркулирующих в системе, а также между системой и внешней средой. Главной задачей логистической информационной системы является обеспечение требуемых характеристик передаваемой информации, таких как полнота и пригодность информации для пользователя, точность исходной информации, своевременность, направленность информации на выявление скрытых ресурсов производства (например, повышение качества продукции, снижение логистических издержек и др.), гибкость информации.

Как уже было сказано выше, существование материального потока требует, помимо информационного обеспечения, еще и финансовых ресурсов. Поэтому эффективность движения

материального потока в значительной степени определяется качеством его финансового обслуживания.

Направленное движение финансовых средств, циркулирующих в логистической системе, а также между системой и внешней средой, необходимых для обеспечения эффективного движения определенного материального потока, называется логистическим финансовым потоком. По отношению к логистической системе различают внутренние и внешние финансовые потоки. Внутренний финансовый поток существует внутри логистической системы, его параметры изменяются в процессе движения соответствующего материального потока за счет выполнения с ним различных логистических операций. Внешний финансовый поток протекает вне пределов рассматриваемой логистической системы и подразделяется, в зависимости от направления движения, на входящий и выходящий. Входящий финансовый поток поступает в систему из внешней среды в обмен на выходящий из системы материальный поток. Выходящий финансовый поток начинается внутри системы, выходит за ее пределы и замещается на входящий материальный поток.

Финансовые потоки характеризуются направлением, объемом, источником возникновения и другими параметрами. Главной задачей финансовых потоков в логистике является обеспечение движения соответствующих материальных потоков необходимыми финансовыми ресурсами в заданных объемах, в указанные сроки и с использованием наиболее эффективных источников финансирования.

В соответствии с логистическим подходом оптимизация управления материальными потоками требует консолидации усилий отдельных участников логистического процесса, создания единой логистической системы на основе принципа синергии. Логистическая система — адаптивная система с обратной связью, представляющая собой совокупность функционально обособленных объектов, находящихся в определенной технологической взаимосвязи, целевая функция которых состоит в выполнении заданных логистических операций. Цель логистических систем — добиться как можно более полного выполнения «семи правил логистики», т. е. доставка заданному потребителю нужного продукта необходимого уровня качества в необходимом количестве в нужное время в нужное место с минимальными затратами.

Достижение целей логистической системы осуществляется путем выполнения соответ-

ствующих логистических функций. Логистической функцией называется укрупненная группа логистических операций, направленная на реализацию целей логистической системы и задаваемая значениями показателей, являющихся ее выходными переменными. Выделяют базисные, ключевые и поддерживающие логистические функции. Базисными логистическими функциями являются снабжение, производство и сбыт. Среди ключевых логистических функций выделяют следующие:

- поддержание стандартов обслуживания потребителей;
- управление закупками;
- транспортировку;
- управление запасами;
- управление процедурами заказов;
- управление производственными процедурами;
- ценообразование;
- физическое распределение.

К поддерживающим логистическим функциям относятся:

- складирование;
- грузопереработка;
- защитная упаковка;
- обеспечение возврата товаров;
- обеспечение запасными частями и сервисное обслуживание;
- сбор возвратных отходов;
- информационно-компьютерная поддержка.

Логистическую систему характеризуют следующие свойства:

- целостность — логистическая система представляет собой целостную совокупность элементов (подсистем), взаимодействующих друг с другом;
- связь — между элементами логистической системы имеются существенные связи;
- структурированность — связи между элементами системы упорядочены в рамках определенной организационной структуры, состоящей из взаимосвязанных объектов и субъектов управления, деятельность которых направлена на выполнение заданной целевой функции;
- иерархичность — элементы системы более низкого уровня в плане линейного или функционального логистического управления подчинены элементам более высокого уровня;
- сложность логистических систем обусловлена наличием большого количества элементов, сложным характером взаимодействия между ними, сложностью организации управления и функций, выполняемых системой, воздействи-

ем на систему большого количества случайных факторов внутренней и внешней среды;

- эмерджентность — система как упорядоченная совокупность элементов с определенными связями обладает особыми системными свойствами, не присущими отдельным элементам, в силу чего целевая функция выполняется только логистической системой в целом, а не отдельными ее звеньями или подсистемами;
- адаптивность — система способна изменять свою структуру и выбирать варианты поведения в соответствии с новыми целями и под воздействием факторов внешней среды.

Кроме того, каждое отдельно взятое звено логистической системы может отличаться от других по форме собственности, характеру и целям функционирования, производственной мощности, концентрации производства, оборудованию, ресурсам. Также может иметь место территориальная разобщенность средств производства и трудовых ресурсов системы в силу индивидуальных особенностей каждого звена. Существенно усложняет формирование управления в логистической системе и тот факт, что большинство звеньев системы представляют собой совокупность субъектов и объектов логистического управления со своими организационно-функциональными структурами и индивидуальными критериями оптимизации, которые не обязательно совпадают с глобальной целью всей логистической системы. Поэтому еще на этапе проектирования логистической системы необходимо предусматривать создание специального высшего органа управления для координации и интеграции деятельности звеньев системы.

Направленность логистических систем на удовлетворение спроса потребителей является их главной особенностью. Таким образом реализуется механизм обратной связи системы, который в конечном итоге и определяет стратегические цели ее функционирования. В основе успешной работы логистических систем лежат принципы согласованности, рациональности, точного расчета, системного подхода и обратной связи.

Логистическое управление может осуществляться как на макро-, так и на микроуровне. В соответствии с этим различают макрологистические и микрологистические системы.

Макрологистической называется система, создаваемая на уровне территориального или административно-территориального образования для решения социально-экономических, экологических, военных и других подобных за-

дач. Извлечение прибыли или достижение каких-либо других корпоративных целей организации бизнеса не является назначением макрологистических систем. В макрологистическую систему могут входить производственные, снабженческо-сбытовые, посреднические, торговые и транспортные предприятия и организации с различным уровнем территориальной разобщенности.

Микрологистические системы представляют собой структурные подразделения, подсистемы макрологистических систем. Микрологистические системы относятся к определенной организации бизнеса, и их основным назначением являются управление и оптимизация материальных и связанных с ними финансовых и информационных потоков в процессе производства, снабжения и сбыта. Сферой деятельности микрологистических систем управления является внутрипроизводственная логистическая деятельность фирмы, связанная с интеграцией подготовки и планирования производства со сбытом, снабжением, транспортно-складскими и погрузочно-разгрузочными работами. В соответствии с существующей классификацией различают внутрипроизводственные, внешние и интегрированные производственные системы.

В состав внутрипроизводственных систем входят технологически связанные производства, объединенные единой инфраструктурой. Такие системы оптимизируют управление материальными потоками в рамках технологического производственного цикла. Основными задачами внутрипроизводственных логистических систем являются эффективное использование материальных ресурсов, уменьшение запасов, сокращение объемов незавершенного производства, сокращение длительности производственного периода, ускорение оборота капитала, контроль и оптимизация работы складской и транспортной систем предприятия. Оптимизация функционирования внутрипроизводственных логистических систем направлена, как правило, в сторону уменьшения себестоимости продукции и длительности производственного цикла при неизменном уровне качества продукции.

Границы внешних логистических систем лежат за пределами производственного цикла. Внешние логистические системы представляют собой совокупность элементов снабженческих и распределительных сетей, которые при помощи выполнения соответствующих логистических операций обеспечивают движение материальных и сопутствующих потоков от поставщиков сырья и полуфабрикатов к производственным предприятиям и от их складов к конечным по-

требителям готовой продукции. Таким образом, внешние логистические системы занимаются управлением и оптимизацией потоков вне технологического цикла предприятия. Среди задач внешних логистических систем выделяют рационализацию распределения материальных ресурсов и готовой продукции по каналам товародвижения, сокращение логистических издержек отдельных звеньев системы и общих затрат, управление запасами, обеспечение высокого качества обслуживания.

Интегрированные логистические системы охватывают производственно-распределительный цикл предприятия. Такие системы выполняют как внутрипроизводственные логистические функции, так и операции по распределению, организации продаж готовой продукции и послепродажному обслуживанию. Процессы, обслуживаемые интегрированными системами, в совокупности с финансовыми и информационными потоками обуславливают специфику функциональной логистической среды системы, в которой осуществляется взаимодействие множества внутренних звеньев предприятия и логистических посредников. Интегрированные системы организуются в соответствии с концепциями минимизации общих логистических издержек и управления качеством на всех этапах циклов производства и распределения. В основе управления интегрированными логистическими системами лежит принцип обеспечения возможно более полного учета временных и пространственных факторов при организации управления материальными, финансовыми и информационными потоками.

2. Особенности логистики транспорта

Транспортная логистика представляет собой разновидность прикладной логистики, причем ее материальный аспект проявляется в виде оказания материальных — транспортных — услуг. К материальным услугам относятся виды деятельности, при которых не происходит преобразования форм материи и продуктом которых является особая потребительная стоимость, выражающаяся в общественной полезности самого труда. К материальным услугам относятся виды деятельности, влекущие увеличение стоимости ранее созданных благ, например хранение, транспортировка, упаковка и др. В общем случае услуга определяется как деятельность, связанная с обменом стоимостей и направленная на удовлетворение спроса потребителей, при которой не происходит передача права собственности на конкретный материальный продукт.

Транспортные услуги являются особым видом деятельности транспорта, который требует соответствующего технологического, финансового, информационного, правового и ресурсного обеспечения. В понятие услуг транспорта также входят сопутствующие операции, связанные с подготовкой и осуществлением перевозочного процесса — погрузочно-разгрузочные операции, упаковка грузов, информационное обеспечение (мониторинг услуги) и др. Транспортные услуги имеют ряд особенностей, которые необходимо учитывать при применении логистических принципов в процессе управления предприятиями транспортного комплекса, а именно:

- услуга существует только в процессе ее производства, а значит, не может накапливаться;
- качество услуги определяется качеством процесса оказания услуги, поскольку продажа услуги представляет собой продажу самого процесса ее оказания;
- услуга имеет потребительскую стоимость в определенное время на определенном направлении, что ограничивает возможность ее замены;
- существует неравномерность спроса на услуги, как временная, так и пространственная;
- предложение, как правило, не обладает достаточной гибкостью в приспособлении к быстро меняющемуся спросу;
- возможности транспорта для сглаживания колебаний спроса ограничены.

Качество транспортных услуг определяется как соответствие уровня потребительских свойств услуги требованиям рынка. Качество услуг оценивается по разности двух условных величин — ожидания потребителя и фактических параметров. Эта разность называется расхождением и оценивает степень удовлетворенности покупателя качеством услуги. Среди наиболее важных параметров качества услуг выделяют следующие:

- осязаемость, т. е. среда оказываемой услуги (оборудование, внешний вид персонала, интерьер офиса, обеспечение мониторинга услуги и др.);
- надежность — последовательность исполнения «точно в срок»;
- ответственность — гарантии выполнения услуг;
- доступность — простота процедуры установления контактов с предприятием, предоставление клиенту выбора удобного времени оказания услуг;
- безопасность — отсутствие риска и недоверия со стороны клиента;

— вежливость и коммуникабельность персонала, взаимопонимание с покупателем.

Ожидания потребителей относительно качества услуг базируются на основе следующих факторов:

- речевые коммуникации — информация об услугах, распространяющаяся среди клиентов;
- личные потребности, т. е. индивидуальные запросы покупателя, его представления о качестве услуг;
- прошлый опыт клиента;
- внешние коммуникации — рекламная информация, касающаяся оказания данного вида услуг.

Для рационального применения принципов логистики при управлении потоками услуг необходимо выработать единую концепцию оценки качества услуг, основанную на критериях, используемых покупателем при выборе поставщика услуг, скорректировать систему управления в направлении минимизации расхождения ожидаемого и фактического уровня качества.

Транспортная логистика, не являясь исключением, представляет собой совокупность алгоритмов и технологий, позволяющих реализовать на практике логистический подход, в организации работы транспорта. При моделировании процессов и решении задач транспортной логистики необходимо учитывать зависимость показателей развития системы от таких ее характеристик, как состояние и функционирование. Состояние системы характеризуется величиной и структурой системы. Функционирование — реализация целей системы путем осуществления ее функций с учетом конкретных внешних условий. Состояние автотранспортного предприятия характеризуется количеством и надежностью его подвижного состава. К задачам функционирования транспортного предприятия (ТП) относятся рациональная организация перевозочного процесса, совместное планирование транспортных, производственных и других процессов. Таким образом, при моделировании процессов в транспортных логистических системах используются как методы решения задач функционирования, так и методы оптимизации состояния ТП.

При моделировании состояния и функционирования транспортных логистических систем применяется два подхода: детерминистско-оптимальный и вероятностно-адаптивный.

Использование детерминистско-оптимального подхода при оптимальном планировании позволяет получить наилучшие варианты планов, а применение методов экономико-математического моделирования — выбирать

варьируемые показатели плана по условиям экстремума принятой меры его эффективности (например, максимизация прибыли, минимизация издержек и т. д.). Моделирование на основе детерминистско-оптимального подхода позволяет получить варианты развития ТП с учетом изменения как состояния системы, так и ее функционирования.

Главным условием достижения высокой эффективности управления является взаимосвязанная оптимизация функционирования и состояния системы. Однако в рамках одной модели решить эту задачу не представляется возможным. Поэтому необходимо разбиение общей задачи на несколько локальных, входящих в общую систему задач транспортной логистики. Недостатками детерминистско-оптимального подхода являются невозможность решения тех проблем принятия решений, которые в настоящее время не могут быть математически формализованы, а также отказ от анализа и совершенствования организационных структур.

Вероятностно-адаптивный подход к моделированию задач предприятия, помимо обладания всеми достоинствами детерминистско-оптимального подхода, характеризуется следующими особенностями:

- позволяет создавать человеко-машинные системы планирования с целью более полного и эффективного использования в процессе планирования опыта специалистов;
- обеспечивает персонификацию плана, как системы взаимосвязанных решений;
- позволяет рассматривать организационные проблемы;
- допускает учет случайных факторов при выборе наиболее адаптивных вариантов планов.

Функционирование транспорта носит преимущественно адаптивный характер. Однако процессы, включающие элемент неопределенности, на транспорте не являются чисто случайными процессами, и роль организационной составляющей в них чрезвычайно высока. При этом модели, разработанные только на основе вероятностного или детерминированного подхода, зачастую не соответствуют существующей транспортной системе. Поэтому моделирование развития предприятий транспорта должно осуществляться с использованием интегрированного подхода, путем сочетания работы нескольких моделей, которые будут в состоянии как вырабатывать решения относительно эффективного развития предприятия, так и описывать процессы его адаптации к изменяющимся условиям внешней

среды в условиях неопределенности и нехватки информации.

3. Специфика логистического подхода в вопросах организации и управления общественным пассажирским транспортом

Применительно к пассажирскому транспорту логистика представляет собой совокупность проектных решений, технических средств и методов организации и управления, которые обеспечивают заданный уровень обслуживания пассажиров, их безопасную, надежную и непрерывную доставку «от двери до двери» в определенное время при минимальных затратах. Применение логистики на пассажирском транспорте позволяет оптимизировать перевозочный процесс, рассматриваемый как логистическая система операторов и объектов инфраструктуры, посредством логистических связей участвующих в процессе оказания транспортных услуг.

Создание рациональной транспортной системы как региона, так и города предполагает использование логистического подхода еще на этапе проектирования и проведения градостроительных работ. Это позволяет существенно сократить потребность населения в перевозках, как путем приближения мест жительства к местам труда, проведения досуга и т. д., так и наоборот. Структура проектируемой пассажирской транспортной сети должна строиться по принципу сокращения полных затрат времени пассажира, включая время подхода к остановочному пункту, время ожидания транспортного средства, время поездки, потери времени при пересадке и т. д. Логистический подход к созданию технической инфраструктуры пассажирского транспорта заключается в обеспечении кратчайших связей между основными пассажирообразующими пунктами, оборудовании этих пунктов необходимыми сооружениями, учете объемов пассажиропотоков и требований комфортного проезда при расчете и выборе оптимального подвижного состава и типов транспортных средств.

Решение транспортных проблем регионов и крупных городов с исторически сложившейся инфраструктурой существенно осложняется необходимостью застройки жилых массивов на значительном расстоянии от мест концентрации производства. В связи с этим увеличивается потребность населения в перевозках, повышается транспортная усталость пассажиров.

Существующая в настоящее время упрощенная классификация корреспонденций пассажиров предусматривает следующие перемещения, в зависимости от цели поездки: трудовые (в

т. ч. и на учебу), деловые (служебные поездки в течение рабочего дня) и социальные или культурно-бытовые. Более глубокой является пространственно-временная классификация поездок. Классификация по времени предусматривает использование двух характеристик поездки — периодичность поездки и фиксированность поездки по времени суток. По признаку периодичности различают: поездки постоянные; поездки, характеризующиеся сезонной неравномерностью; периодические, а также разовые поездки. Фиксированность по времени предусматривает разграничение корреспонденций на свободные и фиксированные. Свободные передвижения характеризуются свободой выбора пассажиром времени поездки. При этом пассажиры вынуждены подстраиваться под существующее расписание движения. В этом случае формирование и распределение пассажиропотоков по времени суток зависит от расписания движения транспорта. Таким образом, при условии соблюдения транспортом графиков движения, реализуется потоко-формирующая функция расписания. Фиксированные передвижения характеризуются необходимостью транспорта подстраиваться под определенное время или интервал движения, что предусматривает концентрацию подвижного состава по времени суток.

Для более полного описания возможных транспортных ситуаций необходимо учитывать также и пространственную характеристику передвижений. Классификация по направлению предусматривает выделение двух групп поездок — концентрированные по направлению и равномерно распределенные по территории города. Обслуживание концентрированных пассажиропотоков предполагает наличие в маршрутной сети города особых маршрутов с минимальным числом промежуточных остановок (полуэкспрессного и экспрессного сообщения). Однако в рамках традиционного подхода к организации транспортного обслуживания существует тенденция к более равномерному распределению элементов транспортной сети по территории города, что связано с увеличением плотности маршрутной сети, минимизацией интервала движения и усреднением длины межостановочных перегонов. Подобный подход к организации перевозок можно признать вполне оправданным в случае, когда необходимо обеспечить удовлетворение потребности населения в перевозках по принципу «из любой зоны города в любую зону в течение суток», т. е. при обслуживании равномерно распределенных поездок. Такие корреспонденции характерны для

культурно-бытовых или социальных перемещений. Однако значительную долю в общем объеме перевозок занимают трудовые перемещения, фиксированные по времени и концентрированные в пространстве, имеющие признаки устойчивых технологических отношений. Обслуживание данного рода поездок необходимо выстраивать по принципу «между определенными зонами города в определенный момент времени или с определенным интервалом движения». В соответствии с этим принципом при организации обслуживания таких корреспонденций оправдано использование логистических технологий перевозок, поскольку имеются ключевые признаки возможности их применения — определенность пунктов отправления и назначения, а также преобладающее значение фактора времени. В эту же группу поездок в качестве условно-фиксированных входят и некоторые свободные перемещения, например поездки на массовые зрелищные мероприятия, в места загородного отдыха, в места совершения ритуалов в дни религиозных праздников. Эффективность данных видов перевозок может быть существенно повышена путем внедрения и использования принципов логистического управления на пассажирском транспорте.

Проектирование и создание систем пассажирских перевозок должно соответствовать приведенным классификационным признакам. Это необходимо учитывать при распределении маршрутов по улично-дорожной сети города, определении потребного количества подвижного состава и типов транспортных средств для обслуживания намеченных маршрутов, выбора режима движения и т. д.

Наиболее полное определение логистики дано Национальным Советом логистического менеджмента США: «Логистика есть процесс планирования, управления и контроля эффективного (с точки зрения снижения затрат) потока запасов сырья, материалов, незавершенного производства, готовой продукции, услуг и сопутствующей информации от места возникновения этого потока до места его потребления для целей полного удовлетворения запросов потребителей».

Но и в этом определении, на наш взгляд, содержание логистики отражено недостаточно полно. Например, упущено движение основного капитала, не учтены людские потоки и финансовые средства. Незаслуженно обойдена транспортная составляющая, доля которой в затратах логистических потоков постоянно возрастает с углублением национального и

международного разделения труда, интернационализацией экономической и общественной жизни и с развитием производственной и социальной инфраструктуры. Концентрация внимания на удовлетворении запросов конечных потребителей также, по нашему мнению, сужает логистические связи, которые включают обоих субъектов рыночных отношений: покупателей и продавцов. В кругообороте ресурсов и продуктов, как известно, их функциональная роль постоянно сменяется: продавец становится покупателем и наоборот.

Поэтому более логичным и содержательным представляется следующее определение логистики: *«Логистика — наука об экономическом управлении, планировании и контроле за эффективным движением потоков материальных и людских ресурсов, финансовых средств и соответствующей им информации от места возникновения до их потребления с целью наиболее полного удовлетворения потребностей субъектов рыночных отношений»*.

Специфика общественного транспорта состоит в том, что в нем отражается взаимосвязь потоков материальных и людских ресурсов. Транспортная логистика предполагает возможность оказания логистического сервиса (услуг) потребителю материального потока. Логистика общественного транспорта неразрывно связана с процессом воспроизводства и представляет собой комплекс транспортных услуг, оказываемых пассажирам. Такие услуги будем называть пассажирскими.

Отсутствие логистического подхода к управлению общественным транспортом создает проблемы его эффективного использования, в частности:

- планирование перевозок пассажиров в первую очередь основано на отчетных данных и учете временного фактора без должного экономического обоснования;
- остаются малоизученными факторы, определяющие объем и структуру пассажирских перевозок;
- значительные упущения допускаются при планировании работы подвижного состава и обслуживающего персонала, занятого пассажирскими перевозками, эксплуатационных расходов и себестоимости перевозок;
- тарифная система общественного транспорта содержит социальную нагрузку, деформирующую реальное ценообразование;
- не в полной мере используются возможности общественного транспорта в повышении эксплуатационной скорости, росте производи-

тельности труда, снижении себестоимости, повышении рентабельности пассажирских перевозок и культуры обслуживания пассажиров.

Логистический подход к управлению пассажирскими потоками требует объединения отдельных участков перевозочного процесса в единую систему, способную обеспечить качественные транспортные услуги населению при минимальных затратах.

Логистическая система — это сложное организационно-экономическое целое, выполняющее функции управления материальными, сервисными и сопутствующими им информационными и финансовыми потоками. Она состоит из нескольких подсистем – звеньев и имеет развитые связи с внешней средой.

Цели логистической системы реализуются через ее функции — укрупненные группы логистических операций. Применительно к пассажирскому транспорту можно выделить следующие функции:

- *прогностическую*, основанную на определении направлений и объемов пассажиропотоков и на этой основе – выявлении объема и структуры спроса на транспортные услуги в целом и по видам транспорта;
- *организационную*, включающую размещение и развитие пассажирских транспортных предприятий; управление движением пассажирского транспорта на маршруте; рациональные схемы движения транспорта в конкретной зоне обслуживания пассажиров (город, область, регион, страна).

Применение логистики к управлению пассажирскими перевозками позволяет использовать в их исследовании системный подход. Такой вывод основан на сложном характере взаимодействия элементов (звеньев), их функций, влиянии значительного количества стохастических факторов внешней среды. В то же время целостность логической системы обусловлена общей заданной целевой функцией, не свойственной ни одному из ее элементов в отдельности. Иерархичность данной системы выражается в подчиненности звеньев элементам более высокого уровня линейного и функционального логистического управления. И еще одна особенность пассажирской логистики – ее адаптируемость, проявляющаяся в способности функционировать в условиях ярко выраженной неопределенности.

Другими словами, логистическая система включает взаимосвязанные элементы (звенья), объединенные функциональными связями и экономическими отношениями.

Логистическим звеном принято считать некоторый экономический функционально обусловленный объект, не подлежащий делению в рамках поставленной задачи анализа или построения системы, имеющий свою локальную цель, связанную с определенными логистическими операциями или функциями.

При всем многообразии звеньев названной системы можно выделить следующие их типы: генерирующие, преобразующие и поглощающие материальные, сервисные и сопутствующие им финансовые и информационные потоки.

Особенностями реальных звеньев логистической системы общественного транспорта являются: экономический суверенитет; различия в целях и характере функционирования; многообразие форм собственности транспортных предприятий; различия в мощности, степени концентрации, в потреблении ресурсов; разная зависимость результатов деятельности от внешних факторов и смежных звеньев логистической системы; различия в мобильности логистического взаимодействия.

Большинство звеньев логистической системы являются самостоятельными хозяйствующими субъектами рынка со своими организационно-функциональными структурами. Их функционирование может не соответствовать основной цели системы. Это усложняет ее управление и вызывает необходимость формирования координирующего управляющего органа.

С точки зрения системного подхода звено логистической системы общественного транспорта можно представить как элемент, преобразующий материальные, финансовые и информационные поступления в сервисные и сопутствующие финансовые и информационные потоки (рис. 1).

Входящие потоки: материальные (X), информационные (R), финансовые (C). Определенное влияние оказывают на звено системы внешние факторы (N). Такая схема воздействия потоков является типичной для большинства звеньев логистической системы. Отличительной способностью звеньев логистической системы общественного транспорта является не только преобразование информационного (R') и финансового (C') потоков на выходе, но и получение вместо материального (X') сервисного потока (Y).

С экономической позиции затратные потоки трансформируются в доходные (C). Назвать последние прибыльными не позволяет убыточность основной части общественного транспорта в сложившейся дотационной системе хозяйствования транспортной отрасли в СССР и современной

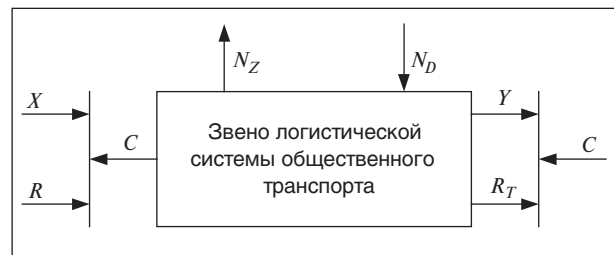


Рис. 1. Звено системы общественного транспорта как преобразователь логистических потоков

экономике России. Поэтому и потоки внешних факторов следует различать как затратные (N_Z) (налоги, валютный курс, временной фактор и др.) и как доходные (N_D) — дотации, временной фактор и др.

Особенностью звеньев логистической системы общественного транспорта является преобразование материального потока на входе в сервисный поток на выходе.

Сервисный поток представляет собой пассажирские услуги, оказываемые предприятиями общественного транспорта пассажирам для их перемещения во времени и пространстве. Этот поток в логистической системе общественного транспорта характеризуют следующие факторы:

- условия обслуживания различных социальных групп населения;
- затраты времени на передвижения;
- регулярность движения транспортных средств;
- комфортабельность проезда;
- величина транспортного тарифа и др.

Несмотря на важность транспортного сервиса, до сих пор отсутствуют эффективные способы оценки его качества. Это, на наш взгляд, объясняется отсутствием четких характеристик особенностей сервиса вообще и пассажирского — в частности. Так, в некоторых работах говорится о неосязаемости сервиса, об отсутствии возможности аккумулировать услугу (хранить и использовать с отсрочкой по времени). Однако пассажирский сервис можно осязать: слышать шум подвижного состава, видеть чистоту или грязь в общественном транспорте и т. п. Приобретая заранее (предварительно) билет на поездку в общественном транспорте, мы обеспечиваем временное хранение услуги.

Отличие пассажирского сервиса от грузового, на наш взгляд, состоит в структуре качества обслуживания. Для пассажирского транспорта существенное значение имеет комфортность

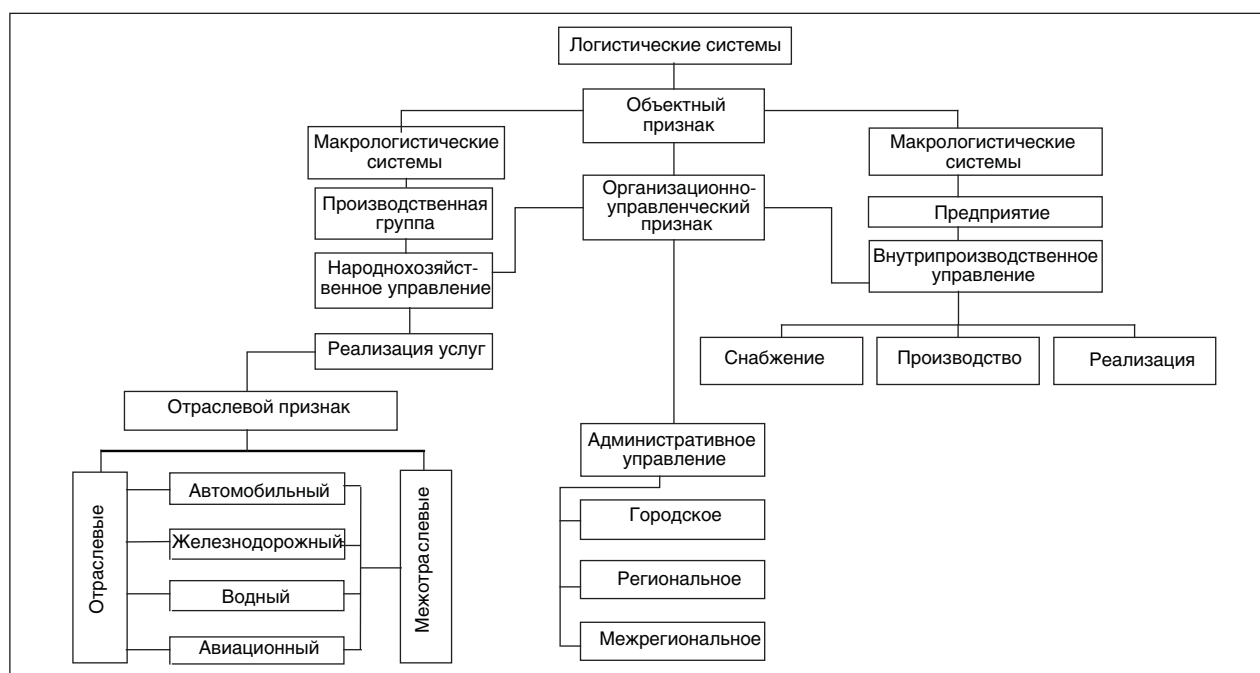


Рис. 2. Классификация логистических систем пассажирского транспорта

поездки, которая для грузовых перевозок роли не играет. Эта особенность должна быть учтена при разработке метода оценки качества пассажирского сервиса.

Согласно классификации логистических систем пассажирского транспорта (рис. 2), следует различать микрологистические системы на уровне снабжения, производства и реализации транспортным предприятием услуг пассажирам, опосредованные внутрипроизводственным управлением.

Рассматриваемые системы призваны оптимизировать управление материальными потоками в пределах технологического цикла производства транспортной продукции на уровне предприятия. Если, например, задана программа по ремонту транспортных средств, то основными задачами внутрипроизводственной логистической системы транспортного предприятия являются: эффективное использование материальных и людских ресурсов, оптимизация запасов, ускорение оборачиваемости оборотного капитала предприятия, сокращение времени производства и обращения, минимизация издержек производства и реализации при обеспечении заданного уровня качества готовой продукции (транспортных услуг).

Микрологистические внутрипроизводственные системы могут быть детализированы до производственного (структурного) подразделения предприятия (цеха, участка, рабочего места). В дальнейшем в рамках задачи регионального

управления общественным транспортом мы будем рассматривать подобные логистические системы на уровне управления всего транспортного предприятия, принимая его за звено макрологистической системы.

Целью создания микрологистических систем общественного транспорта можно считать, таким образом, минимизацию общих логистических издержек и управление качеством транспортных услуг на всех этапах производственно-обменного цикла. Это является определяющим и для решения задач формирования и управления макрологистическими системами.

Макрологистическая система охватывает предприятия на уровне административно-территориального образования и межрегионального взаимодействия для решения экономических, социальных, экологических, энергетических и других аналогичных задач транспортного обеспечения территориальных образований. Они классифицируются по административно-территориальному признаку на городские, региональные (областные, краевые, республиканские) и межрегиональные (федеральные) логистические системы.

По отраслевой принадлежности названные системы сформированы по видам общественного транспорта (автомобильный, железнодорожный, водный, авиационный) и по межотраслевому признаку, обобщающему взаимодействие различных его видов.

Цели функционирования макрологистиче-

ских и микрологистических систем общественного транспорта могут отличаться. Так, для транспортного предприятия целью функционирования в рыночных условиях в первую очередь являются минимальные логистические издержки, максимальная прибыль, освоение наиболее эффективных перевозочных маршрутов (с меньшей протяженностью маршрута и большей наполняемостью пассажирами транспортного средства), удержание завоеванных позиций на рынке пассажирских услуг. Обязательным условием при этом является наиболее полное и качественное удовлетворение запросов пассажиров.

Бесспорно, в большинстве случаев минимизация общих логистических издержек используется и при синтезе пассажирских макросистем. Однако критерии формирования макрологистических систем подвластны и народнохозяйственным задачам, таким как экологические, социальные, политические и др. Например, для улучшения экологической обстановки может быть запрещен или ограничен даже экономически оправданный вид транспорта. Проводимая в стране политика патернализма может десятилетиями сохранять убыточность отдельных видов перевозок граждан.

В макрологистических системах могут решаться также задачи по выбору вида транспорта и транспортных средств на административной территории, зональному расположению микрологистических транспортных систем и координированию их работы по пассажирскому обслуживанию,

по разработке институциональной базы и экономических условий равновыгодного функционирования различных видов транспорта и их микрологистических систем на рынке пассажирских услуг.

Качество решаемых в макрологистической системе задач зависит от эффективности ее управления. Управление макрологистической системой общественного транспорта предполагает выделение субъекта и объекта управления (рис. 3). Субъектом макрологистической системы является управляющий координатор, который, согласно принципу кибернетического управления, оказывает институциональное и информационное воздействие на микрообъект. При отсутствии оперативной самостоятельности транспортного предприятия централизованный орган макроуправления осуществляет руководство финансовыми потоками, причем как исходящими, так и входящими, регламентируя тем самым экономику микросистемы.

Используя введенные выше обозначения логистических потоков (см. рис. 1), проследим их организационное движение в макросистеме общественного транспорта. Информационные (R_0) и финансовые (C_0) потоки на входе субъекта управления, учитывающие влияние внешних факторов (N_D , N_Z), сопоставляются с входными (X , R , C) и выходными (Y , R' , C') потоками объекта управления. В результате сравнения может возникнуть рассогласование (γ), появление которого может быть вызвано влиянием как воз-

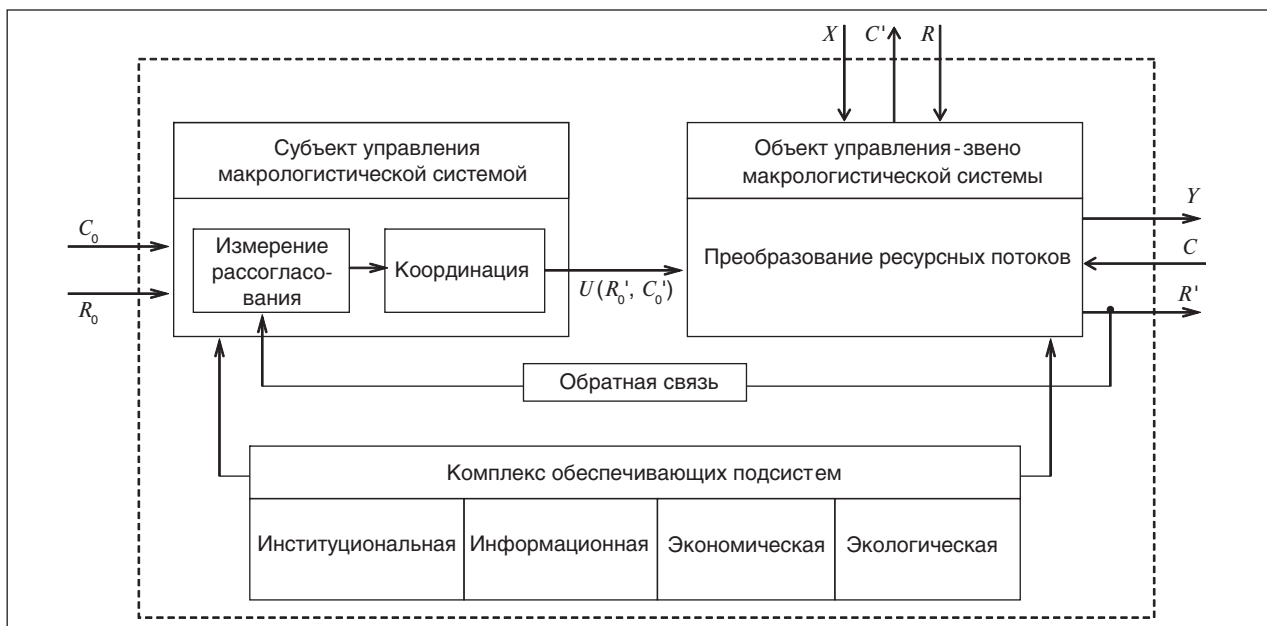


Рис. 3. Принцип кибернетического управления макрологистической системой общественного транспорта

действующих внешних входных потоков на объект управления, так и параметров внутреннего состояния макрологистической системы и степени координации субъекта управления. В зависимости от уровня рассогласования управляющий координатор макрологистической системы формирует вектор управляющих воздействий $U(R_0', C_0')$ на объект управления, которые должны в рассматриваемом периоде времени постоянно стремиться свести декоординацию входных (C_0, R_0) и выходных (X, C', R') потоков к нулю.

Процессы логистического управления в макрологистической системе общественного транспорта должны опираться на комплекс подсистем институционального, информационного, экономического и экологического обеспечения.

Макрологистика общественного транспорта, таким образом, является системой управления обратных связей. Это позволяет на входе субъекта управления провести сопоставление спроса на пассажирские услуги (информационный поток R_0) с тем предложением (информационный поток R') транспортных услуг, которое может оказать пассажирам данная макрологистическая система. Конъюнктура рынка пассажирских услуг должна определять макроуправление и направления развития всех звеньев макрологистической системы.

Измерение качества пассажирских перевозок (пассажирского сервиса) при анализе и синтезе макрологистической системы общественного транспорта должно основываться на критериях, используемых пассажирами для этих целей. Когда пассажир оценивает качество предоставляемых ему транспортных услуг, он сравнивает информацию R' по некоторым фактическим значениям параметров качества с информацией R по ожидаемым величинам этих параметров, и если эти ожидания совпадают ($R_0 = R'$), то качество признается удовлетворительным.

Для формирования рационального управления ресурсными и сервисными потоками в формируемой макрологистической системе общественного транспорта необходимо, во-первых, измерять и оценивать параметры качества пассажирского сервиса; во-вторых, свести к минимуму расхождения между ожидаемым и фактическим уровнями качества. Для этого могут быть использованы различные методы оценок (анкеты опроса пассажиров, экспертные оценки, статистические методы и т. п.). Сложность заключается в том, что большинство параметров качества пассажирского сервиса

нельзя измерить количественно, т. е. получить формализованную оценку. Чаще всего здесь приходится пользоваться логическими соотношениями типа «лучше — хуже», «доступнее — недоступнее» и т. п.

Максимальный учет факторов пассажирского сервиса позволяет сформировать рациональную концепцию логистического управления общественным транспортом. Ее преимущества в сравнении с существующей системой представлены на рис. 4.

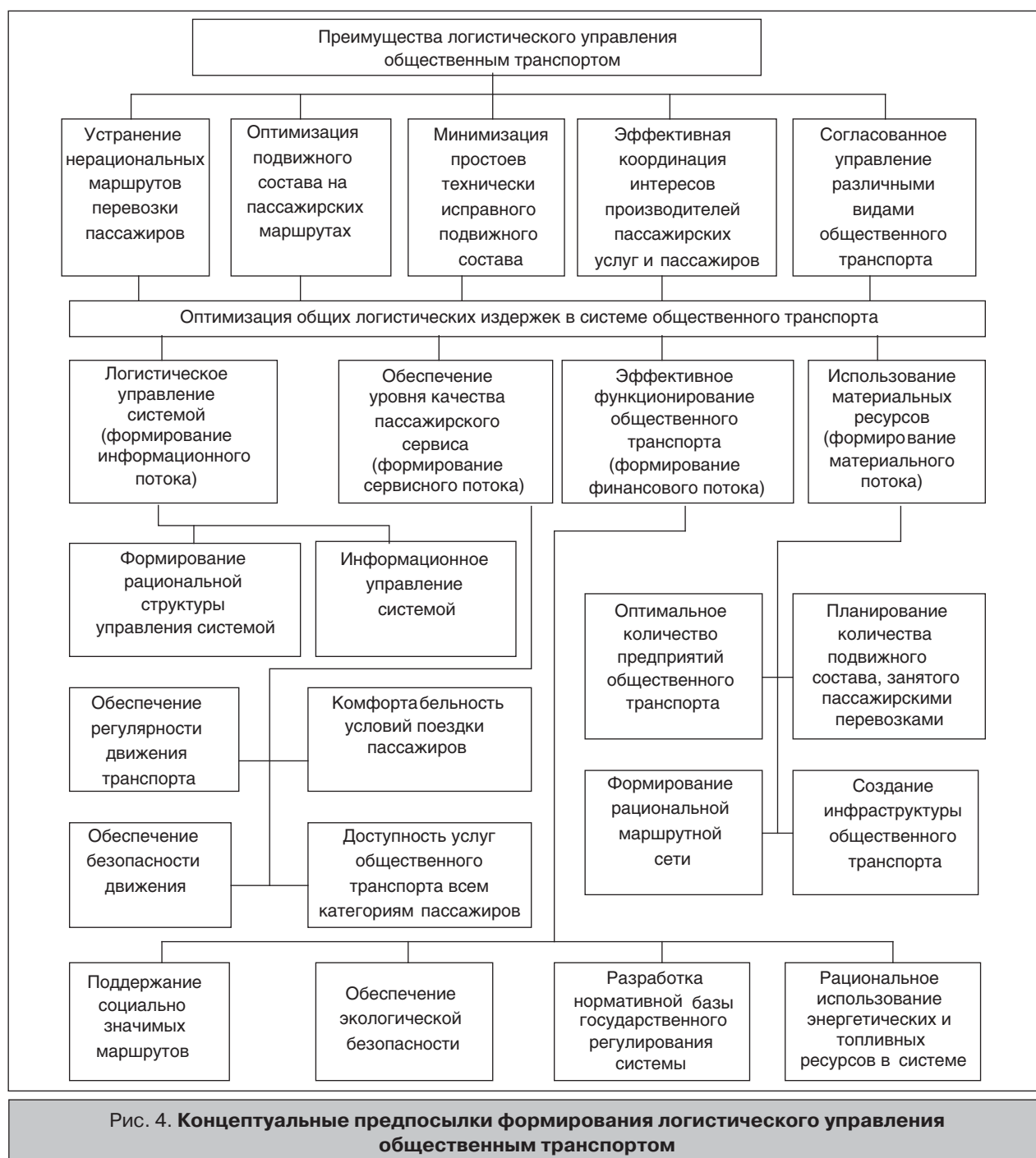
Изложенный концептуальный подход приводит к выводу, что традиционная концепция организации работы общественного транспорта в большей степени приемлема для условий «рынка продавца» транспортных услуг, в то время как логистическая концепция — для условий «рынка покупателя».

4. Социальный аспект логистики общественного транспорта

При организации и управлении логистическими транспортными системами особую важность имеет учет человеческого фактора или социальный аспект логистики общественного транспорта.

Реалии нового тысячелетия требуют новых концепций социального развития, отражающих современные тенденции. При этом нельзя недооценивать роль городского пассажирского транспорта, являющегося частью логистической системы инфраструктуры муниципальной экономики.

В настоящее время транспортная стратегия в странах с социальной рыночной экономикой заключается в стремлении к дальнейшей популяризации общественного транспорта и ограничении числа индивидуальных транспортных средств. В 90-х годах имело место существенное увеличение роли рельсового транспорта в инфраструктуре городских пассажирских перевозок. Это происходило главным образом из-за ухудшения экологической ситуации в городах. Попытки приватизации городского пассажирского транспорта оказались безрезультатными по причине его убыточного характера и низкой рентабельности. Таким образом, городской пассажирский транспорт все более попадает под патронаж государственных властей. Однако методы «вмешательства» властей должны соответствовать конечным целям деятельности правительства — обеспечению благосостояния общества в настоящем и будущем. Таким образом, имеется взаимосвязь между этим процессом и развитием общества в целом.



Будущее городских пассажирских перевозок зависит от приоритетного решения следующих трех главных задач:

- обеспечение гарантированного транспортного обслуживания социально незащищенных слоев населения, не имеющих индивидуальных транспортных средств;
- обеспечение экономической стабильности в регионах;
- обеспечение минимизации экологического ущерба.

Наиболее важный компонент социального функционирования системы — государственное социальное регулирование, подразумевает правовое регулирование социального развития с применением действующих социальных норм и стандартов. Таким образом, социальные нормы и стандарты, установленные в соответствии с законами и другими нормативными документами, определяют степень выполнения конституционных прав и гарантий, обеспечивают социальную защиту населения.

Главные предпосылки развития социальных стандартов функционирования общественного транспорта обусловлены его инфраструктурной особенностью, тесной взаимосвязью городских пассажирских перевозок со всеми ветвями экономики и социальной сферой, непосредственным воздействием сбоев в работе городского транспорта как на потребителя транспортных услуг, так и на рыночную ситуацию в целом.

При этом экономическая целесообразность функционирования городского пассажирского транспорта состоит в эффективном обеспечении населения необходимыми транспортными коммуникациями в той степени, в какой затраты на функционирование системы оправдываются соображениями благосостояния общества. Для достижения этой цели логистическая система городского пассажирского транспорта должна отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать сбалансированное сочетание общественного и частного транспорта с учетом местных социально-экономических, технических и экологических особенностей и ограничений;
- обеспечивать комфортабельное, надежное и безопасное обслуживание, наряду с рациональным использованием энергетических, земельных и прочих ресурсов.

С точки зрения программно-целевого планирования функционирование городского пассажирского транспорта должно осуществляться на основе целевых и ресурсных соображений и социальных норм.

В контексте городских перевозок социальные нормы обосновывают качественные и количественные характеристики оптимального состояния деловой и домашней активности населения, которые непосредственно зависят от организации работы общественного транспорта.

Стандарты работы городского транспорта — сочетание целевых норм оказания транспортных услуг, обеспечение которых гарантирует устойчивое развитие общества. Они призваны гарантировать населению уровень транспортного обслуживания не ниже минимально допустимого.

В отличие от сугубо производственных показателей, таких как объем перевозок, средняя дальность поездки, коэффициент выпуска, затраты на перевозки, характеризующих работу городского транспорта, нормы, которые составляют основу стандартов работы транспорта — это результаты его функционирования, отражающие транспортные условия нормальной деловой и домашней активности населения.

Значения социальных норм не могут оставаться постоянными. Они подчинены комплексным динамическим изменениям, поскольку любое нормативное требование должно иметь «открытую структуру», что означает возможность изменять количественные параметры и перечень их характеристик.

Диапазон норм и качественных характеристик их параметров включает:

- текущий уровень городского развития (число жителей, уровень реального дохода на душу населения, особенности архитектурного планирования, среднюю продолжительность жизни, уровень социальных расходов в городском бюджете);
- потенциальное развитие города (промышленный потенциал, тип демографической структуры населения);
- размер города.

В целом стандарты работы транспорта должны отражать ориентацию общества на перспективу, которая может стать действительностью через 5–20 лет. Их необходимо применять при решении следующих проблем:

- стратегическое планирование развития города с учетом градостроительных, экономических и социальных особенностей;
- создание нового механизма обеспечения финансовой поддержки для развития городских пассажирских перевозок (переход от финансирования «по пунктам» к финансированию на душу населения), позволяющего более эффективно использовать бюджетные средства.

В каждом городе принимается свой набор нормативов, которые разрабатываются с учетом индивидуальных архитектурных и плановых особенностей, уровня реального годового дохода на душу населения, уровня социальных расходов в городском бюджете, уровня экологической безопасности. Период планирования может составлять от 5 до 10 лет или более.

Социальная характеристика транспортной системы города складывается из следующих основных параметров.

Транспортная подвижность населения — одна из главных характеристик, описывающих систему городских перевозок. Это — интегрированный показатель, отражающий совокупность следующих факторов:

- ритма жизни города;
- особенностей градостроительства и структуры планирования;
- текущего состояния и перспектив развития системы городских перевозок;
- уровня развития муниципальной экономики.

Отношение уровня развития общественного транспорта к частному в значительной степени влияет на параметры дорожной сети, а также на общие экономические характеристики системы.

Низкая плотность географического распределения и размещения рабочих мест и центров обслуживания способствует росту числа индивидуальных поездок, в то время как общественный транспорт экономически оправдан при более высокой плотности застройки и концентрации производства.

Общественный транспорт — важный фактор экономического развития города. Будущее этого вида перевозок зависит от решения следующих проблем:

- осуществления социальных режимов работы для тех слоев населения, которые не имеют индивидуальных транспортных средств;
- укрепления экономической стабильности в регионах;
- снижения негативного влияния на окружающую среду.

Оптимальное соотношение общественно-го и индивидуального транспорта гарантирует каждому гражданину обеспечение нормальных транспортных условий.

Уровень доступности транспорта — показатель, отражающий качество городской транспортной среды. Это отражается в форме средних потерь времени, потраченного на поездку. Городская транспортная сеть может считаться надежной, если она позволяет каждому осуществить поездку из любого пункта отправления в любой пункт назначения за нормативное время, включая время подхода к остановочному пункту, время ожидания и пересадки. Норма доступности определяется относительно функциональных особенностей каждого остановочного пункта. Уровень транспортной доступности измеряется в процентах, как отношение фактических средних потерь времени на поездку к нормативному времени.

Уровень транспортной дискриминации населения показывает, какая часть граждан живет вне зоны нормативной доступности.

Удобство городского пассажирского транспорта определяется исходя из гетерогенных факторов, технической оснащенности, технологичности, уровня организации и управления, влияющих на состояние пассажиров в течение поездки.

Вообще можно сказать, что недостаточный уровень комфорта резко отрицательно сказывается на состоянии пассажиров.

В ходе изучения проблемы комфорта необходимо определить единицы измерения понятия удобства. Учитывая, что некоторые характеристики удобства могут быть установлены обособленно, как независимые показатели или отражены в других показателях, главным критерием удобства может быть такой показатель, как количество пассажиров, приходящихся на 1 м² салона транспортного средства.

Фонд удельного потеряннного времени — полная потеря времени, потраченного на транспортное обслуживание. Количественное значение этого показателя позволяет оценить социальную полноценность общественного транспорта.

Доля общественного транспорта в общегородских выбросах. Развитие систем городского транспорта способствовало возникновению проблемы оценки влияния транспорта на экологическую ситуацию в городе. Данную проблему можно решить путем установления строгих норм, определяющих уровень экологически чистых видов транспорта. Главные отрицательные результаты влияния транспорта на окружающую среду — загрязнение воздуха и повышенный уровень шума. Доля общественного транспорта в общегородских выбросах оценивается в процентах от общего загрязнения из всех источников. Кроме того, возможно применение дополнительных экологических стандартов:

- уровень шума (дБ на одно транспортное средство);
- уровень токсичных выбросов (млн тонн / млн пасс-км).

Уровень развития экологически чистых видов транспорта — доля поездок экологически чистым транспортом в общем количестве поездок жителей города, %.

Уровень ДТП. Безопасность дорожного движения в течение поездки — проблема для всех видов транспорта. Экстремальные ситуации на дорогах — явление, сопровождающее автомобилизацию общества и ведущее к существенным потерям.

Безопасность дорожного движения — один из главных критериев выбора средства передвижения. На основе анализа проблемы безопасности в России и за границей были установлены некоторые удельные нормы:

- число ДТП со смертельным исходом на 10⁵ пассажиров;
- число ДТП со смертельным исходом на 10⁴ транспортных средств.



Рис. 5. Параметры качества транспортного обслуживания

Эффективность общественного транспорта — показатель рассчитывается как отношение результатов работы транспорта к затратам на его функционирование. Результаты представляют собой финансово-кредитную оценку доли транспорта в общем валовом продукте города. Затраты — общая сумма, расходуемая на развитие городской транспортной системы (субсидии из городского бюджета и другие источники). Если значение этого показателя больше 1, то финансовая поддержка городской транспортной системы целесообразна.

Социальная характеристика транспортной системы напрямую связана с понятием «качества транспортного обслуживания», или качественной характеристики системы. Качественная характеристика — интегральный показатель, характеризующий состояние транспортной системы региона в целом. Качество пассажирских перевозок зависит от значения следующих показателей.

Плотность маршрутной сети δ — отношение суммарной протяженности улиц и дорог, по которым проходят маршруты наземного транспорта, к площади застроенной части города.

Маршрутный коэффициент K_m — отношение суммарной протяженности всех маршрутов наземного пассажирского транспорта к общей

протяженности транспортной сети ($K_m = 1,7-2$ — развитая маршрутная сеть).

Количество подвижного состава на 1000 жителей характеризует насыщенность маршрутов подвижным составом.

Регулярность движения $K_{\text{рег}}$ — отношение числа рейсов, выполненных в соответствии с расписанием, к числу рейсов, предусмотренных данным расписанием.

Затраты времени на передвижение $t_{\text{пер}}$ складываются из времени на подход к остановочному пункту, времени на ожидание автобуса, времени поездки, времени пересадки.

Статический коэффициент использования вместимости автобуса характеризует степень наполнения салона автобуса.

Коэффициент пересадочности $K_{\text{пер}}$ — среднее число посадок, приходящееся на одну поездку.

Общая схема параметров качества представлена на рис. 5.

Таким образом, в основе «пассажирской логики» лежит системный подход, что предусматривает проектирование транспортной системы с учетом пространственных и временных факторов, организацию пассажирских, материальных, информационных и финансовых потоков с учетом принципов социологии, что необходимо при

моделировании линии поведения пассажиров, рассматриваемых в качестве «живого груза».

5. Логистические системы пассажирских перевозок

Обобщенно структуру логистической системы пассажирских перевозок можно представить в виде сочетания трех составляющих, соответствующих уровням транспортного обслуживания. Этими составляющими являются соответственно дотранспортное, транспортное и послетранспортное обслуживание. Дотранспортное обслуживание включает в себя планирование поездки, обеспечение удобства подхода пассажиров к остановочным пунктам общественного транспорта. Транспортное обслуживание реализуется непосредственно через доставку пассажиров с использованием специального подвижного состава из пункта отправления в пункт назначения с необходимым уровнем комфорта. Послетранспортное обслуживание заключается в обеспечении удобства подхода пассажиров к пунктам назначения, либо пересадки на другой вид транспорта.

Функциональным назначением логистических систем управления пассажирскими перевозками служит обеспечение решения следующих групп задач:

- диспозиционных — анализ, прогнозирование, принятие решений, планирование, оперативное управление, контроль;
- транспортных — осуществление городских, пригородных, междугородных, международных перевозок;
- станционных — организация продажи билетов, культурно-бытового обслуживания и т. п.;
- информационных — управление пассажиропотоками, контроль перевозок, справочное обеспечение;
- прочих специальных — оказание сопутствующих транспортных услуг, страхование, кредитование, финансы и т. п.

Логистическое управление перевозками пассажиров может осуществляться как на макро-, так и на микроуровне. Микрологистические системы предполагают использование логистических принципов при организации транспортного обслуживания работников предприятия как одного из аспектов производственной деятельности. Предприятия должны быть заинтересованы в быстрой и комфортной доставке трудящихся к местам приложения труда и проживания, участвовать в проектировании и строительстве транспортных коммуникаций

региона. К макрологистическим системам относятся крупные логистические системы, участвующие в организации транспортного обслуживания населения региона. Логистическое управление на макроуровне предусматривает решение следующих задач:

- разработку общей концепции построения маршрутной сети;
- выбор рациональных направлений перевозок;
- отбор операторов и определение их объема работ;
- оптимизацию распределения объектов инфраструктуры по территории региона.

При проектировании и создании логистических систем пассажирских перевозок необходимо учитывать следующие основополагающие принципы:

- системности — комплексное рассмотрение элементов логистической системы, начиная от этапа формирования спроса на перевозки и заканчивая его удовлетворением;
- эффективности — расчет и обоснование оптимального уровня транспортного обслуживания и определение путей его достижения с учетом эффективного использования ресурсов;
- соответствия — обеспечение соответствия провозных характеристик подвижного состава спросу на перевозки, с учетом заданного уровня комфортности поездки;
- результативности — результаты деятельности системы необходимо оценивать исходя из увеличения доходов и сокращения дотаций;
- единства управления — организация транспортного и смежного обслуживания пассажиров в рамках единой структуры, способной учитывать интересы как пассажиров, так и операторов;
- информативности — создание высокого уровня информационного обеспечения процессов управления и организации перевозок с использованием современных информационно-компьютерных технологий.

Кроме того, при создании и функционировании логистических систем пассажирских перевозок значительное внимание должно уделяться маркетинговым исследованиям и прогнозированию объемов пассажиропотоков. Структура перемещений пассажиров отражает влияние множества факторов, от которых зависит спрос на перевозки. Выделяют три группы факторов, определяющих транспортную подвижность населения:

- в первую группу входят факторы, характеризующие условия выполнения перевозок: планировка города; размещение жилых районов,

мест культурного отдыха, центров торговли и промышленных зон; расположение загородных дачных массивов; параметры улично-дорожной сети; временные характеристики поездки;

– вторая группа отражает спрос на перевозки в зависимости от социальной и профессиональной структуры населения;

– третья группа характеризует существующую систему организации пассажирских перевозок, условия работы различных операторов.

В большинстве случаев имеющиеся результаты обследования пассажиропотоков представляют собой устаревшие сведения и не являются отражением реальной ситуации. Поэтому при анализе этих данных применительно к существующей ситуации необходимо учитывать трансформацию причинно-следственных связей факторов, влияющих на транспортную подвижность населения. Верно оценивать работу пассажирского транспорта, прогнозировать изменение характеристик его работы при изменении транспортных потребностей населения позволяет информационная модель. Информационная модель транспортных потребностей населения закладывается в основу построения маршрутной сети города и используется при определении режимов работы транспортных средств. Для обеспечения ориентации системы управления городским пассажирским транспортом на потребности пассажиров информационная модель должна дифференцировать потребности пассажиров в перевозках в зависимости от сезона, дня недели, времени суток. Одним из компонентов информационной модели, позволяющим с достаточной степенью наглядности оценить изменение пассажиропотоков и показателей использования транспортных средств является схема транспортных магистралей города, включающая в себя как существующую схему, так и возможные варианты проектируемой маршрутной сети пассажирского транспорта. Современные информационно-

компьютерные технологии позволяют реализовать данный компонент информационной модели на практике в виде компьютерной схемы, интегрированной со спутниковыми системами автоматизированного контроля и управления транспортными средствами.

В качестве перспективных задач по оптимизации работы пассажирского транспорта в рамках логистических систем можно выделить следующие:

– обоснование структур управления перевозками, влияющих на формирование транспортных систем и учитывающих интересы населения в государственном, производственном и личностном аспектах;

– обеспечение интегрированного подхода к развитию городов и их транспортных систем;

– разработка методов повышения уровня транспортного обслуживания населения;

– разработка принципов и методологии обеспечения транспортной системы регионов подвижным составом и современными технологиями с учетом экономических и экологических аспектов.

Очевидно, что использование логистических подходов при организации работы пассажирского транспорта обеспечивает оптимальные с точки зрения затрат варианты удовлетворения транспортных потребностей населения. Кроме того, логистическая система пассажирских перевозок дает возможность сгладить противоречия, возникающие между интересами населения и операторов, обеспечивает поиск компромисса между интересами транспортных структур и муниципальных органов власти, курирующих деятельность общественного транспорта, поскольку требование минимизации затрат, рассматриваемое в качестве целевой функции, гарантирует пассажиру приемлемый тариф, а оператору — достаточный размер прибыли.

Перспективные двигатели внутреннего сгорания

*Н. Г. Солоха, А. В. Вернигор
Филиал Российского государственного университета
туризма и сервиса, г. Смоленск*

Несмотря на непрерывное развитие в течение всего периода своего существования, современные поршневые двигатели во многих отношениях являются еще недостаточно совершенными тепловыми машинами и обладают рядом органических недостатков. К числу наиболее существенных из них можно отнести:

- низкий коэффициент полезного действия и малорациональное использование тепловой энергии топлива, особенно в карбюраторных двигателях;
- цикличность и прерывистость рабочего процесса;
- наличие сложного кривошипно-шатунного механизма, приводящего к возникновению сил инерции и моментов от них;
- высокие требования к свойствам и качеству топлив;
- сравнительно низкие динамические качества и малая самоприспособляемость к преодолению внешних нагрузок;
- загрязнение воздушного бассейна вредными и ядовитыми продуктами;
- трудность запуска и длительный выход на номинальные рабочие режимы, особенно при низких температурах окружающей среды.

Вследствие перечисленных недостатков современные поршневые двигатели далеко не удовлетворяют всем тем требованиям, которые предъявляются к ним как к силовым установкам транспортного типа. Поэтому инженерная мысль постоянно работает в направлении дальнейшего совершенствования этих двигателей, а также в направлении разработки и создания новых силовых установок, свободных в той или иной степени от недостатков поршневых двигателей. Примерами таких установок могут служить появившиеся в последнее время и получающие все большее развитие многотопливные двигатели, двигатели с переменной степенью сжатия, газотурбинные, роторные двигатели и другие силовые установки.

Рассмотрим двигатели с переменной степенью сжатия и роторные двигатели, которые в ближайшем будущем, по мнению авторов, будут широко устанавливаться на автотранспортных средствах и в большом количестве поступят на предприятия сервиса.

Двигатели с переменной степенью сжатия

Являясь одним из основных термодинамических параметров, степень сжатия оказывает очень большое влияние на рабочий процесс и показатели работы двигателя.

В карбюраторных двигателях максимальные значения степени сжатия ограничиваются детонацией и выбираются таким образом, чтобы двигатель нормально работал на наиболее тяжелых режимах, например при максимальном крутящем моменте. При этом значения степени сжатия, как правило, намного ниже тех значений, при которых обеспечивается наиболее экономичная работа двигателя. Значительно ухудшая экономические показатели двигателей вообще, последнее обстоятельство особенно сильно сказывается при работе их на частичных нагрузках, когда экономичность карбюраторных двигателей и без того резко снижается. Поскольку изменение условий протекания рабочего процесса при частичных нагрузках (снижение наполнения, увеличение относительного количества остаточных газов, уменьшение температуры деталей и т. п.) создает возможность для повышения степени сжатия, причем тем большего, чем меньше нагрузка, то использование переменной степени сжатия в карбюраторных двигателях на частичных нагрузках может дать значительный эффект в повышении их мощностных и, главное, экономических показателей.

Таким образом, в карбюраторных двигателях применение переменной степени сжатия перспективно и целесообразно с точки зрения повышения их мощностных и экономических показателей при работе на частичных нагрузках, которые практически представляют собой основные эксплуатационные режимы двигателей этого типа.

В дизелях величина степени сжатия, как это отмечалось ранее, определяется условиями надежного запуска холодного двигателя. Обычно значения степени сжатия здесь всегда выше тех, при которых обеспечиваются наиболее высокие экономические показатели. Поэтому изменение степени сжатия после запуска в сторону ее уменьшения в дизелях уже целесообразно с точки зрения некоторого улучшения их экономических показателей. Однако наибольший интерес изменение

степени сжатия в дизелях представляет с точки зрения форсирования их путем использования наддува.

В обычных двигателях при наддуве значительно увеличиваются механические и тепловые нагрузки на детали, в связи с чем при достаточно высокой степени форсирования двигателей наддувом (полный, высокий наддув) приходится усиливать детали, что приводит к повышению их веса, к изменению конструкции самих деталей и двигателя в целом. Кроме того, при этом обычно сокращается срок службы деталей и снижается надежность двигателя в целом. В случае применения переменной степени сжатия рабочий процесс двигателя при наддуве может быть организован таким образом, что за счет соответствующего снижения степени сжатия при любых давлениях наддува максимальные давления цикла будут оставаться неизменными или будут изменяться незначительно. При этом, несмотря на увеличение полезной работы за цикл, а следовательно, и мощности двигателя, максимальные нагрузки на его детали могут также не увеличиваться, что позволяет значительно форсировать двигатели без особых их конструктивных изменений.

Так, по данным американской фирмы «Континенталь», использование автоматического регулирования степени сжатия в пределах от 22 до 12 единиц на серийном дизеле AVDS-1100 позволило форсировать его по мощности без каких-либо конструктивных изменений с 550 до 825 л.с. При этом фирма считает, что такая форсировка является далеко не пределом. По данным фирмы, с этого же двигателя без всякого ущерба для его работоспособности может сниматься мощность до 1100 л.с, что соответствует литровой мощности примерно 60 л.с./л. В перспективных двигателях с переменной степенью сжатия фирма «Континенталь» предполагает довести литровую мощность до 120–125 л.с./л.

Использование переменной степени сжатия в дизелях определенный интерес может представлять также как одно из средств решения проблемы многотопливности. Жесткость работы в таких двигателях может быть снижена или за счет сохранения постоянного давления сгорания при использовании различных топлив, или в случае применения специальных регулирующих устройств за счет обеспечения наивыгоднейших значений степени сжатия для каждого сорта топлива.

Принципиально регулирование степени сжатия в процессе работы двигателей может осуществляться различными путями. Одним из наиболее удачных вариантов решения этой

задачи, применяемым для дизелей и пригодным для карбюраторных двигателей, следует считать использование поршней специальной конструкции, разработанных Британской ассоциацией по исследованию ДВС (BICERA). Эта конструкция монополюбно приобретена фирмой «Континенталь», на основе чего она разработала специальный поршень для своего серийного дизеля AVDS-1100.

Поршень, обеспечивающий автоматическое регулирование степени сжатия (рис. 1), состоит из двух основных частей – подвижного стакана 1 и внутренней вставки 2. Внутренняя вставка 2 соединяется через поршневой палец с шатуном, а стакан может свободно перемещаться относительно этой вставки. Между стаканом и вставкой образуются две масляные камеры: верхняя 11 и нижняя 12 (кольцевая). Масло в эти камеры подается из системы смазки через канал в шатуне, уплотнение 10, полость и каналы 9, обратные

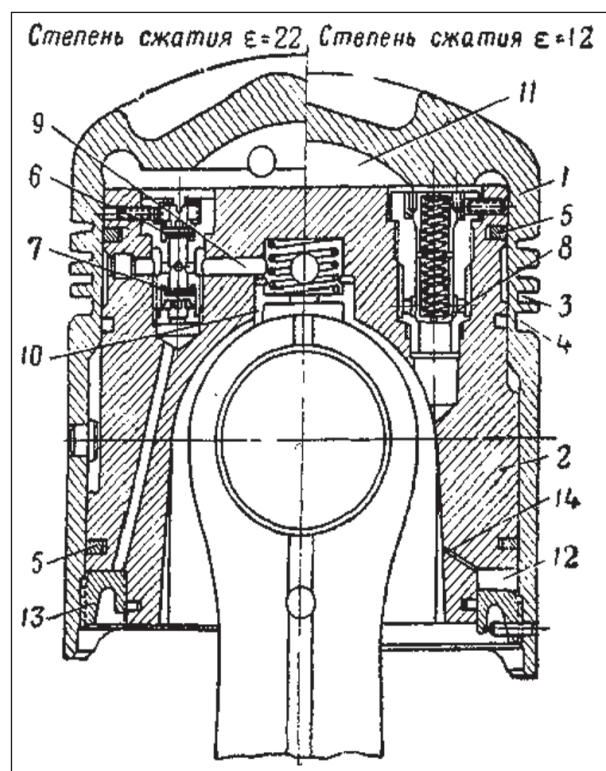


Рис. 1. Поршень, автоматически регулирующий степень сжатия: 1 – подвижный стакан; 2 – внутренняя вставка; 3 – канавка под компрессионное кольцо; 4 – канавка под маслосъемное кольцо; 5 – уплотнительное кольцо; 6 и 7 – обратные клапаны; 8 – редукционный клапан; 9 – масляный канал; 10 – уплотнение; 11 – верхняя масляная камера; 12 – нижняя масляная камера; 13 – нижнее кольцо; 14 – дренажный канал

клапаны 6 и 7. Во время работы двигателя камеры 11 и 12 заполняются в основном за счет сил инерции масла, которые могут создавать давление, превышающее в несколько раз давление в системе смазки. Избыток масла из камеры 11 сливается через редукционный клапан 8, пружина которого регулируется на давление в цилиндре, несколько меньшее максимально допустимого. Нижняя камера 12 сообщается постоянно с картерным пространством дренажным каналом 14 небольшого диаметра.

Положение стакана 1 относительно вставки 2 в процессе работы определяется количеством масла в камерах 11 и 12. Когда давление газов в цилиндре не достигает максимально допустимой величины, за каждый цикл при прохождении поршня около в. м. т. в тактах выпуска и впуска стакан 1 под воздействием сил инерции перемещается относительно вставки 2 в сторону повышения степени сжатия на величину, определяемую количеством масла, вытесняемого из камеры 12 через канал 14. При этом обратному перемещению стакана около н. м. т. препятствует масло в камере 11, давление которого недостаточно для открытия редукционного клапана 8.

Степень сжатия и давление газов в цилиндре постепенно повышаются до тех пор, пока максимальное давление газов не достигнет величины, при которой давление в камере 11 станет достаточным для открытия редукционного клапана. В моменты открытия редукционного клапана часть масла из камеры 11 перемещается, благодаря чему стакан 1 перемещается в сторону уменьшения степени сжатия.

При работе двигателя на установившемся режиме перемещения стакана 1 относительно вставки 2 вверх и вниз приблизительно одинаковы, в связи с чем степень сжатия в этом случае сохраняется неизменной.

При увеличении нагрузки, когда давление сгорания повышается выше допустимых значений, стакан 1 перемещается в направлении уменьшения степени сжатия до тех пор, пока максимальное давление цикла не снизится до допустимых значений.

Таким образом, при использовании в двигателях поршней рассмотренной конструкции степень сжатия будет автоматически поддерживаться на уровне, обеспечивающем заданные условия работы двигателя.

Роторные двигатели

Начиная с 1958 г. роторные двигатели получают все большее и большее распространение. Первые работоспособные образцы этих двигате-

лей были предложены инженером Ф. Ванкелем. В настоящее время более 10 известных двигателестроительных фирм мира занимаются разработкой, доводкой и серийным выпуском роторных карбюраторных двигателей, а также проводят работы по созданию роторных дизелей.

Роторные двигатели принципиально могут использоваться на транспортерах, колесных тягачах, грузовых и легковых автомобилях. Они могут также применяться в качестве вспомогательных двигателей в авиации, морском и речном флотах, для привода агрегатов передвижных и переносных электрических и насосных станций. Особенно перспективными их следует считать для силовых установок небольшой мощности.

По сравнению с обычными поршневыми двигателями роторные двигатели обладают следующими преимуществами:

- больше в два-три раза литровая и в три-четыре раза габаритная мощности;
- меньше в 1,5–2 раза удельный вес, вдвое меньше число деталей и стоимость изготовления двигателя без вспомогательных агрегатов;
- более широкая возможность составления мощностных рядов при 85–90% унифицированных деталей.

По экономичности роторные двигатели примерно равноценны соответствующим поршневым двигателям.

К основным недостаткам роторных двигателей можно отнести:

- ограничение окружной скорости ротора значениями $v_p = 25\text{--}30$ м/с в связи с тем, что дальнейшее ее повышение вызывает усиленные износы деталей. Поэтому с увеличением размеров роторных двигателей приходится уменьшать обороты ротора и постепенно утрачиваются их преимущества в удельных показателях;
- недостаточные возможности в образовании наивыгоднейшей формы камеры сгорания;
- большой периметр уплотнений.

В настоящее время предложено большое количество конструкций роторных двигателей, в том числе и неработоспособных.

Наиболее характерными признаками оценки работоспособности роторных двигателей могут служить:

- характер движения рабочего элемента;
- наличие и характер относительного движения уплотнительных элементов.

Первый признак позволяет оценить возможности форсировки двигателей по оборотам и, следовательно, перспективы улучшения удельных мощностных, весогабаритных и экономических показателей их работы.

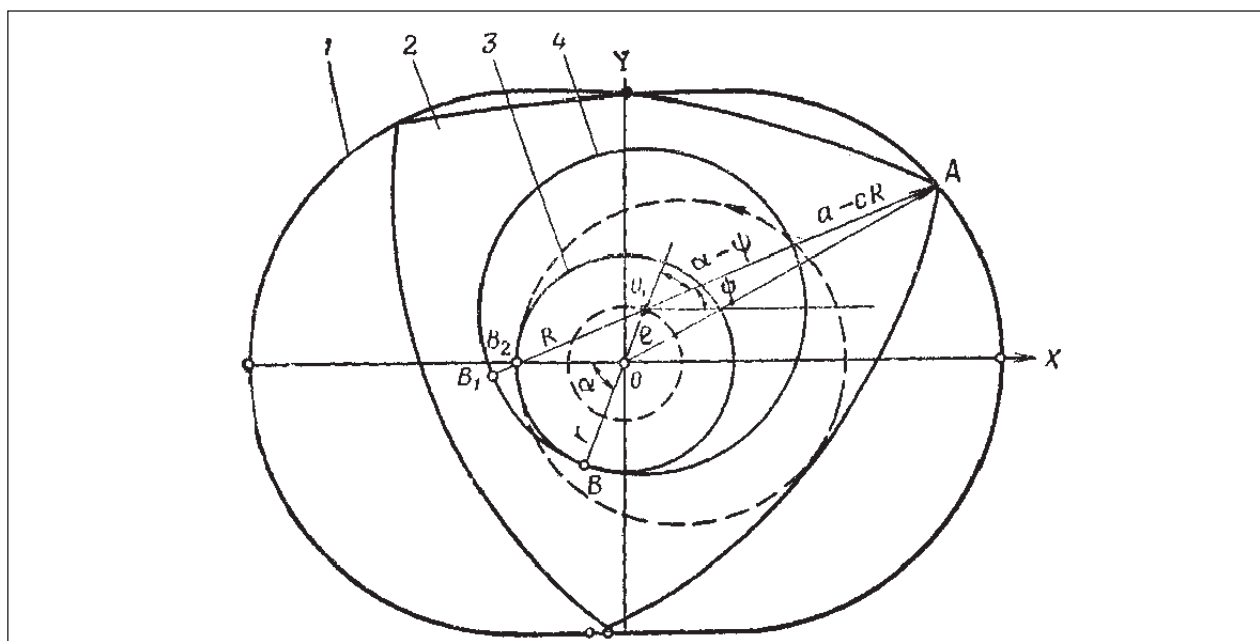


Рис. 2. Кинематическая схема роторного двигателя: 1 — корпус двигателя; 2 — ротор; 3 — неподвижная синхронизирующая шестерня с радиусом r ; 4 — подвижная синхронизирующая шестерня с радиусом R ; α — угол поворота эксцентрикового вала; φ — угол поворота ротора; $a - cR$ — производящий радиус; c — параметр формы; O — неподвижный центр вращения эксцентрикового вала; O_1 — подвижный центр вращения ротора

Второй признак определяет качество герметизации рабочих камер и эффективность осуществляемого рабочего процесса, а также надежность и долговечность работы двигателей.

Наиболее перспективными следует считать роторные двигатели, имеющие рабочий элемент с однозначным движением при постоянной угловой скорости и неподвижными (относительно детали, в которой они размещены) уплотнительными элементами. Пока к таким конструкциям можно отнести двигатель Ванкеля. Кинематическая схема этого двигателя показана на рис. 2.

Вокруг неподвижной шестерни 3 обкатывается подвижная шестерня 4, закрепленная внутри ротора 2. При этом каждая из вершин ротора описывает двухдуговую эпитрохоиду, по которой и выполняется рабочая поверхность корпуса. Соотношение между начальными окружностями упомянутых шестерен равно 2:3.

Внутри ротора расположен вал с эксцентриком. Расстояние между осями вала O и эксцентриком O_1 называется эксцентриситетом и служит плечом, на котором образуется крутящий момент M_K . Величина этого момента равна произведению равнодействующей тангенциальных составляющих сил давления газов $p_{r\Sigma}$ на эксцентриситет e , т. е. $M_K = p_{r\Sigma} e$.

Обозначив радиус неподвижной шестерни $r = OB$ и подвижной $R = O_1B_1$ и исходя из равен-

ства дуг при обкатывании двух окружностей без скольжения, можно записать

$$r\alpha = R(\alpha - \varphi),$$

где α — угол, соответствующий дуге BB_2 на малой окружности с радиусом r и одновременно являющийся углом поворота эксцентрикового вала; $(\alpha - \varphi)$ — угол, соответствующий дуге BB_1 на большой окружности с радиусом R ; φ — угол поворота ротора.

Из уравнения

$$\frac{R}{r} = \frac{\alpha}{\alpha - \varphi},$$

используя производную пропорцию, получим

$$\frac{R}{R - r} = \frac{\alpha}{\varphi} = n,$$

где n — характеристика эпитрохоиды.

Из аналитической геометрии известно, что число ветвей эпитрохоиды равно $n-1$. Для случая $r : R = 2:3$, $n = 3$.

Из уравнения $\alpha = n\varphi$ следует, что эксцентриковый вал вращается в n раз быстрее ротора. Это обстоятельство является одним из существенных преимуществ рассматриваемых планетарных роторных двигателей, так как благодаря ему обеспечиваются высокие обороты вала при относительно малых окружных скоростях движения ротора.

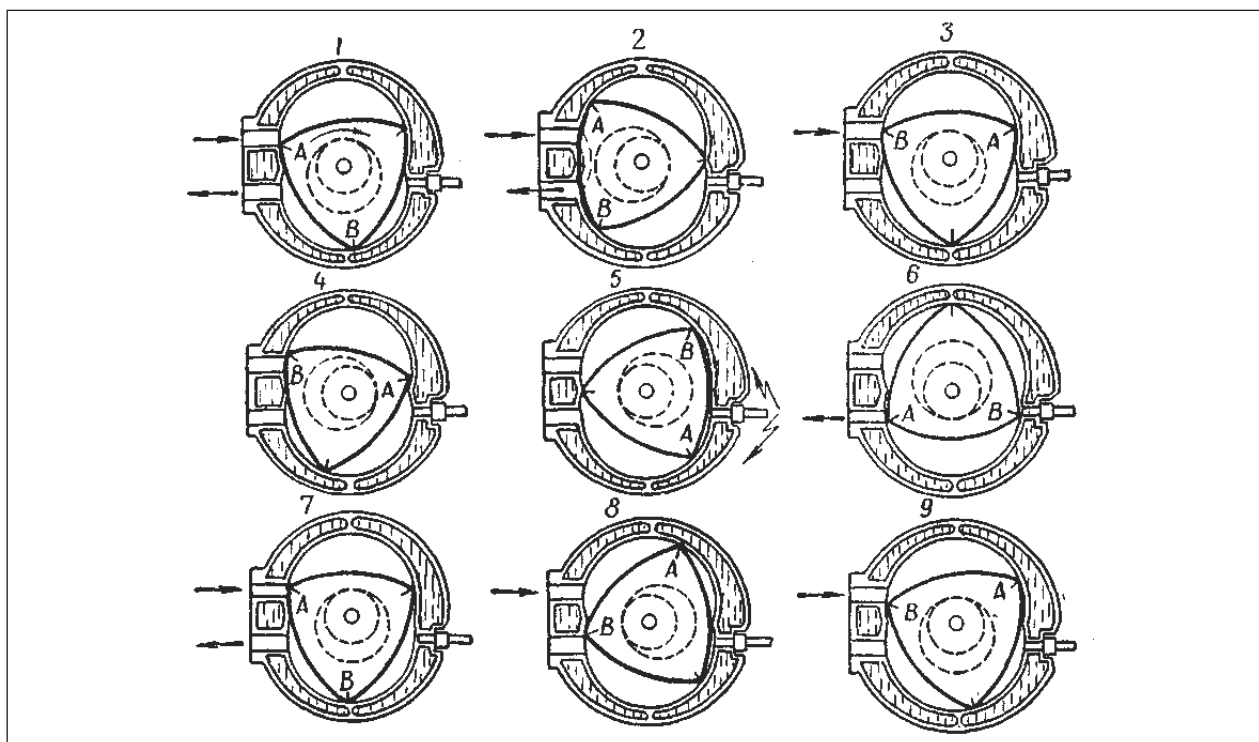


Рис. 3. Схема протекания рабочего процесса роторного двигателя: 1–9 — положения ротора, соответствующие различным процессам рабочего цикла; АВ — рассматриваемая сторона ротора

Последовательность осуществления процессов рабочего цикла роторного двигателя можно проследить по одной из сторон ротора, например АВ (рис. 3), так как на двух других сторонах будут совершаться те же процессы, но только со сдвигом на 120 и 240° поворота ротора или соответственно на 360 и 720° поворота эксцентрикового вала. При этом поскольку эксцентриковый вал вращается в три раза быстрее ротора, то каждому обороту эксцентрикового вала будет соответствовать завершение полного рабочего цикла на одной из сторон ротора.

Принципиально рабочий цикл роторного двигателя (см. рис. 3) включает процессы, аналогичные процессам рабочего цикла обычных поршневых двигателей.

Процесс наполнения начинается с момента, когда вершина ротора А (рис. 3) проходит кромку впускного трубопровода (положение 1). При этом начальный период наполнения совпадает с продолжающимся еще выпуском отработавших газов через выпускной трубопровод. В связи с этим поступающая горючая смесь не только заполняет рабочую полость, но и осуществляет частично продувку пространства между ротором и корпусом (положение 2), обеспечивая тем самым хорошую очистку его от отработавших газов. Продувка рабочей полости заканчивается, когда вершина ротора В проходит выпускной трубопровод.

После того как рабочее пространство достигнет максимального объема (положение 3), начинается процесс сжатия рабочего тела, начальная стадия которого вплоть до момента прохождения вершины ротора В впускного трубопровода (положение 4) сопровождается, несмотря на уменьшающийся объем рабочей полости, дозарядкой за счет инерционного напора горючей смеси на впуске. Процесс сжатия заканчивается при минимальном объеме рабочего пространства между ротором и корпусом (положение 5).

Примерно за 7–8° по углу поворота ротора (21–24° по углу поворота эксцентрикового вала) до окончания процесса сжатия на электроды свечи подается искра и начинается процесс сгорания, который завершается в дальнейшем в процессе расширения при увеличивающемся объеме рабочего пространства (в период перемещения ротора из положения 5 в положение 6).

Процесс расширения, в течение которого газы, оказывая давление на грань ротора, производят полезную работу, завершается тогда, когда объем рабочей полости достигает максимального значения.

В конце процесса расширения, после того как вершина ротора А пройдет кромку выпускного трубопровода (положение 6), начинается процесс очистки рабочей полости от отработавших

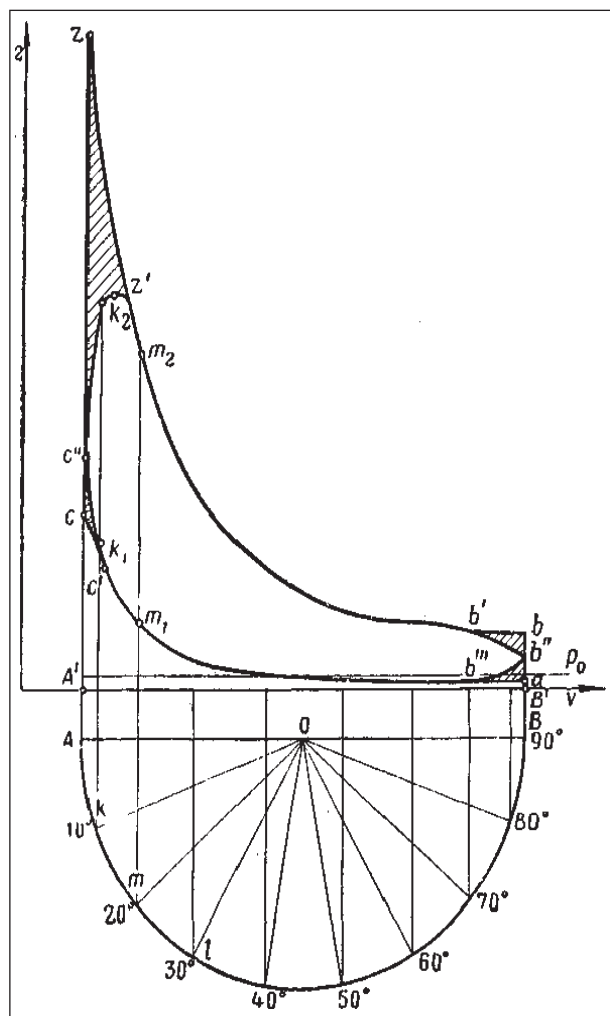


Рис. 4. Индикаторные диаграммы роторного двигателя: $aczb$ — расчетная; $ac'z'b'b''a$ — действительная

газов — выпуск. Завершается этот процесс в момент прохождения вершиной ротора В передней кромки выпускного канала (положение 8).

Положение 9 ротора соответствует окончанию рабочего цикла на рассмотренной грани ротора АВ и началу его на соседней грани ВС.

Следует заметить, что, несмотря на принципиальное сходство, процессы рабочего цикла роторных двигателей все же в определенной степени отличаются от соответствующих процессов поршневых двигателей. В основном эти различия сводятся к значениям параметров, характеризующих каждый из процессов, и к значительной накладке в роторных двигателях отдельных процессов друг на друга. Последнее наглядно иллюстрируется рис. 4, на котором показана условная диаграмма продолжительности отдельных процессов рабочего цикла в углах поворота ротора для двигателя ККМ-502.

Начало процессов газообмена — выпуска отработавших газов и заполнения рабочей полости свежим зарядом на рис. 5 отмечено вектором OD . Как видно из рисунка, в совокупности процессы газообмена занимают 224° по углу поворота ротора, что составляет более 66% общей продолжительности цикла.

Процесс выпуска продолжается в течение 120° по углу поворота ротора (угол DOG) и условно может быть разделен, как и в поршневых двигателях, на три фазы:

- свободный выпуск (угол DOH , равный примерно 20° по углу поворота ротора). Давление газов в начале фазы составляет $6-8 \text{ кг/см}^2$ ($0,6-0,8 \text{ МН/м}^2$) и снижается к концу ее до $3-4 \text{ кг/см}^2$ ($0,3-0,4 \text{ МН/м}^2$). Характерной особенностью этой фазы является истечение газов с критическими скоростями;

- принудительный выпуск (угол HOA , равный примерно 60° по углу поворота ротора). Рабочая полость очищается под выталкивающим воздействием ротора. Давление газов снижается до $1,3-1,5 \text{ кг/см}^2$ ($0,13-0,15 \text{ МН/м}^2$), и скорость истечения их становится ниже критической. Фаза заканчивается в момент начала открытия радиальной уплотнительной пластинкой ротора впускного канала;

- продувка рабочей полости (угол AOG , равный примерно 40° по углу поворота ротора).

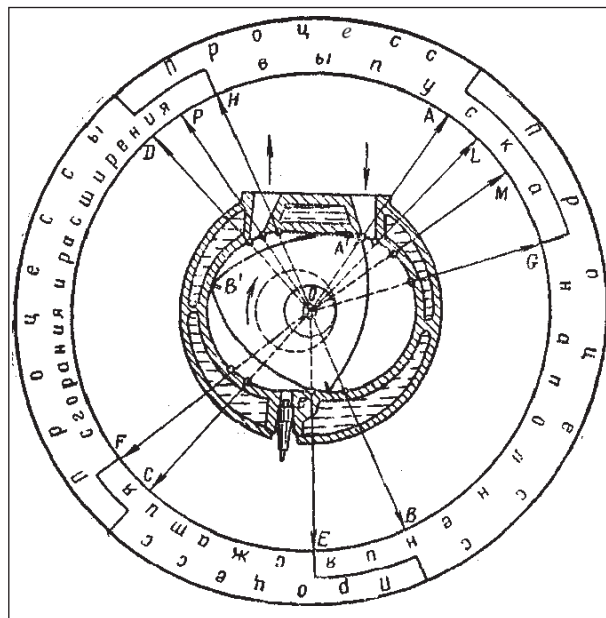


Рис. 5. Полярная диаграмма роторного двигателя: O — центр полярной диаграммы; $A'B'$ — рассматриваемая сторона ротора; OD , OP и др. — лучи, соответствующие положению вершины ротора A' в характерных точках цикла

В течение этой фазы временно выпускаются отработавшие газы, продувается и частично наполняется свежим зарядом рабочая полость.

Благодаря выталкивающему действию свежего заряда и продувке рабочей полости в третьей фазе удается достигнуть хорошей очистки рабочего пространства от отработавших газов, что обеспечивает сравнительно низкие значения коэффициента остаточных газов в роторных двигателях ($\gamma_r = 0,025-0,04$). В конце выпуска для роторных двигателей давление остаточных газов p_r равно $1,02-1,05 \text{ кг/см}^2$ ($0,102 + 0,105 \text{ МН/м}^2$), а их температура $1100-1200 \text{ К}$.

Продолжительность процесса наполнения (угол AOE) составляет 144° по углу поворота ротора. Его также условно можно разделить на несколько фаз:

- вытеснение остаточных газов и продувка рабочей полости при уменьшающемся ее объеме (угол AOM , равный примерно 20° по углу поворота ротора). Заряд в рабочую полость в этой фазе поступает за счет использования кинетической энергии потока свежей смеси и за счет «отсасывающего» действия потока отработавших газов. При этом в начальный период, когда радиальная пластина ротора пересекает впускной канал, поток горючей смеси поступает одновременно в две смежные рабочие полости, благодаря чему в отличие от карбюраторных двигателей в роторных двигателях обычно сохраняется непрерывность потока и отсутствуют ощутимые колебания его во впускном канале;

- наполнение рабочей полости при увеличивающемся ее объеме (угол MOB , равный примерно 102° по углу поворота ротора). На части этой фазы (угол MOG) процесс наполнения осуществляется одновременно с процессом выпуска;

- заполнение рабочей полости горючей смесью при уменьшающемся ее объеме – дозарядка в начале процесса сжатия (угол BOE , равный примерно 22° по углу поворота ротора).

Меньшие сопротивления на впуске из-за отсутствия клапанов и в связи с более рациональной формой впускного тракта, а также достаточно большое «время — сечения» органов газораспределения обуславливают в роторных двигателях более высокие значения коэффициента наполнения, нежели в обычных поршневых двигателях. Последнее наглядно подтверждается опытными данными (таблица).

Параметры конца наполнения на номинальных режимах работы роторных двигателей изменяются в пределах: давление конца наполнения $p_a = 0,92-0,98 \text{ кг/см}^2$ ($0,092-0,098 \text{ МН/м}^2$);

Зависимость коэффициента наполнения от числа оборотов роторного двигателя

Число оборотов роторного двигателя в минуту	Величина η_v
4000	0,85–0,93
5000	0,87–0,98
6000	0,89–1,02
7000	0,93–1,05

температура $T_a = 320-340 \text{ К}$; подогрев свежего заряда $\Delta T = 8-15 \text{ К}$.

Процесс сжатия занимает по углу поворота ротора примерно 80° (угол BOF). Практически протекание его аналогично протеканию процесса сжатия в карбюраторных двигателях. В связи с некоторыми специфическими особенностями процесса сгорания величина степени сжатия в роторных двигателях определяется обычно не антидетонационными свойствами топлива (октановым числом), а оптимальными значениями среднего эффективного давления (p_e) и экономичностью двигателя. По имеющимся опытным данным наибольшие значения p_e достигаются при $\epsilon = 9,5-10,5$, а минимальный удельный расход топлива — при $\epsilon = 8,54-9$. На номинальных режимах средний показатель политропы сжатия n , для роторных двигателей изменяется в пределах $1,37-1,39$, а давление и температура конца сжатия соответственно $p_c = 14-19 \text{ кг/см}^2$ ($1,4-1,9 \text{ МН/м}^2$) и $T_c = 650 + 800 \text{ К}$.

Особенностью процесса сгорания роторных двигателей являются более высокие скорости распространения пламени, достигающие $70-100 \text{ м/с}$. Кроме того, процесс сгорания здесь обычно совмещается с процессом расширения (угол FOH). Последнее обстоятельство обуславливает сравнительно пологий характер изменения давления в рабочей полости, что приводит к снижению максимального давления сгорания и обеспечивает мягкую работу двигателей. Максимальные давления сгорания в роторных двигателях, как правило, не превышают значений $p_z = 42-48 \text{ кг/см}^2$ ($4,2-4,8 \text{ МН/м}^2$), а жесткость их работы равна $0,35-0,45$. Расчетные значения давления и температуры конца сгорания изменяются соответственно в интервалах: $p_z = 60-70 \text{ кг/см}^2$ ($6-7 \text{ МН/м}^2$) и $T_z = 2350-2700 \text{ К}$.

Для роторных двигателей характерен некоторый сдвиг рабочих составов горючей смеси в сторону их обеднения. Максимальная мощность достигается при $\alpha = 0,94$, максимальная экономичность — при $\alpha = 1,17$, а устойчивая работа двигателей сохраняется до $\alpha = 1,29-1,31$.

Процесс расширения характеризуется следующими значениями его параметров: средний показатель политропы расширения $n_1 = 1,154$ – $1,2$, давление конца расширения $p_b = 4$ – 6 кг/см² ($0,4$ – $0,6$ МН/м²), температура конца расширения $T_b = 1750$ – 1970 К.

Вследствие значительной аналогии основных процессов рабочего цикла поршневых и роторных двигателей тепловой расчет роторных двигателей и определение параметров состояния рабочего тела в характерных точках цикла практически могут выполняться по тем же уравнениям и по той же методике, которые используются для поршневых двигателей. При этом необходимо лишь учитывать приведенные выше значения различных величин.

Среднее индикаторное давление расчетного цикла для роторных двигателей p_i составляет $11,5$ – 14 кг/см² ($1,15$ – $1,4$ МН/м²), а коэффициент полноты индикаторной диаграммы $\phi_i = 0,75$ – $0,87$.

В связи с меньшим количеством трущихся деталей и сниженными насосными потерями

роторные двигатели имеют более высокий механический КПД η_m , равный $0,82$ – $0,93$.

Среднее эффективное давление в современных роторных двигателях $p_e = 8$ – 10 кг/см²; ($0,8$ – 1 МН/м²), удельный эффективный расход топлива $g_e = 220$ – 250 г/э.л.с.ч (300 – 340 г/экВт.ч), а эффективный КПД $\eta_e = 0,24$ – $0,27$.

Некоторые особенности при расчете роторных двигателей имеет лишь определение индикаторной мощности, которая находится по уравнениям:

$$N_i = \frac{p_i V_{hk} n_{э.в} i_c}{450} \quad \text{или} \quad N_i = \frac{p_i V_{hc} n_p i_c}{450}.$$

В системе СИ

$$N_i = \frac{p_i V_{hk} n_{э.в} i_c}{600} \quad \text{или} \quad N_i = \frac{p_i V_{hc} n_p i_c}{600}.$$

где V_{hk} и V_{hc} — объемы соответственно рабочей полости и секции в целом, л; $n_{э.в}$ и n_p — число оборотов соответственно эксцентрикового вала и ротора в минуту; i_c — число секций двигателя.

Значения эффективной мощности могут рассчитываться по этим же уравнениям, необходимо лишь заменить в них p_i на p_e .

Литература

1. Луканин В. Н., Морозов К. А., Хачиян А. С. и др. Двигатели внутреннего сгорания: В 3 кн. 1. Теория рабочих процессов: Учебник / Под ред. В. Н. Луканина. — М.: Высшая школа, 1995. — 368 с.
2. Луканин В. Н., Алексеев В. И., Шatroв М. Г. и др. Двигатели внутреннего сгорания: В 3 кн. 2. Динамика и конструирование: Учебник / Под ред. В. Н. Луканина. — М.: Высшая школа, 1995. — 319 с.
3. Иларионов В. А., Морин М. М., Фаробин Я. Е. и др. Теория и конструкция автомобиля. — М.: Машиностроение, 1992. — 416 с.
4. Подчинок В. М. Эксплуатация военной автомобильной техники. — Рыбинск: Издание ОАО «РДП», 2000. — 534 с.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

И. Э. Грибут, В. М. Артюшенко, Н. П. Мазаева. Автосервис:

Станции технического обслуживания автомобилей.

Учебник / Под ред. проф. Ю. П. Свириденко

В учебнике рассмотрены вопросы эффективного функционирования станций технического обслуживания автомобилей (СТОА).

В первом разделе подробно освещены основополагающие положения поддержания автомобилей в работоспособном состоянии, включающие как современные технологические процессы, так и методы технологического расчета и проектирования СТОА, информационные системы обеспечения деятельности СТОА, мероприятия по обеспечению экологической безопасности и организации труда на СТОА.

Во втором разделе, посвященном эффективному функционированию СТОА, рассмотрены вопросы экологической эффективности от внедрения новой техники и совершенствования организации труда. Подробно рассмотрены вопросы маркетинговой деятельности и оценки конкурентоспособности СТОА. Рассмотрены основные положения бизнес-планирования деятельности предприятия с учетом особенностей рыночных отношений.

Газотермические технологии для автосервиса

М. Н. Буткевич, А. Ф. Пузряков

Российский государственный университет туризма и сервиса,
МГТУ им. Н. Э. Баумана

Для нанесения упрочняющих и восстанавливающих покрытий наиболее приемлемы методы газотермического напыления. Благодаря наиболее высоким характеристикам (прочность сцепления с подложкой до 250–280 МПа) газотермические методы напыления могут быть предпочтительными для упрочнения и восстановления наиболее ответственных и нагруженных деталей автомобилей.

Существующие сегодня методы газотермического напыления можно классифицировать по следующим признакам:

- источнику образования тепла (электрическая дуга или процесс горения топливных газов);
- виду распыляемого материала: порошок, проволока (в том числе стержни и шнуры);
- скорости распыляемых частиц;
- среде, в которой происходит процесс нанесения покрытий (воздух, контролируемая атмосфера или низкий вакуум).

На рис. 1 приведена классификация всего разнообразия методов газотермического на-

пыления, в таблице — основные коммерчески значимые методы газотермического напыления и их характеристики. На рис. 2 эти технологии отражены в поле взаимосвязи температура — скорость. Анализ табличных данных и рис. 1 отражает фактический путь развития методов газотермического напыления от простых к более сложным — от электродуговой металлизации к высокоскоростному (HVOF) напылению.

Реализовать более высокий уровень адгезионных, когезионных характеристик и обеспечить низкую пористость покрытий можно за счет повышения температуры (для более полного проплавления) и скорости газовой струи, взаимодействующей с частицами материала покрытия. В плазменной технологии вместо инертных газов применялись и воздух, и углеводороды, и вода; в высокоскоростном напылении менялся горючий газ — применялись и ацетилен, и пропан, и керосин, и водород. Для формирования скоростного потока разрабатывались специальные конструкции сопел (например, сопло Лавалья), позволяющие получать по

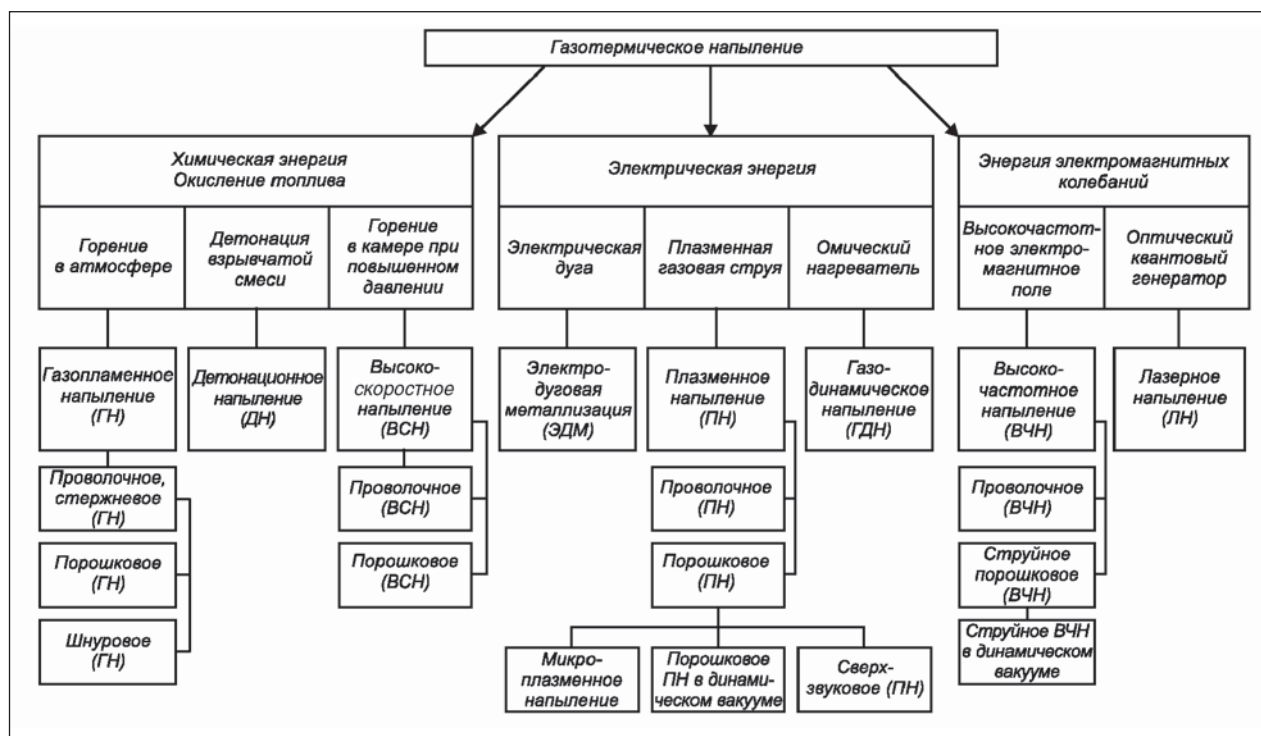


Рис. 1. Классификация методов ГТП

Основные коммерчески значимые методы газотермического напыления и их характеристики

Методы напыления	Применяемые материалы	Источник образования тепла (рабочие газы)	Адгезия, МПа	Пористость, %
Электродуговая металлизация	Проволоки сплошного сечения и композиты	Электрическая дуга (воздух или другие газы)	20–50	5–25
Газопламенное напыление	Порошки и проволоки, шнуровые и стержневые материалы	Горение газообразных углеводородов в среде кислорода или воздуха (продукты сгорания)	20–50	3–15
Плазменное напыление	Порошки и проволоки	Прямая или косвенная электрическая дуга (ионизированный газ)	30–60	0,5–10
Высокоскоростные методы напыления	Порошки	Горение углеводородов (в том числе жидких) или водорода в среде кислорода или воздуха (продукты сгорания)	45–80 и более	0,1–2

Примечание. Значения даны для стандартных процессов, если при напылении не преследуется цель получения покрытия со специальными свойствами.

сечению среза ламинарный или близкий к нему газовый поток.

Существующее в настоящее время многообразие установок и технологий может поставить в тупик производителя, желающего приобрести оборудование для нанесения покрытий и внедрить у себя процесс напыления. Все разработанные отечественные и зарубежные установки и технологии имеют право на реализацию,

однако целесообразность применения любого технологического процесса определяется не его оригинальностью, а прежде всего качеством получаемой продукции и экономическими показателями. Среди экономических показателей, определяющих выбор технологического оборудования, наиболее важную роль играют не только его производительность и стоимость, но и надежность напылительного оборудования, возможность его сервисного обслуживания, наличие и доступность на рынке используемых газов и порошков. Это часто имеет решающее значение при распространении той или иной технологии.

Газопламенное напыление

В качестве источника тепла используется кислородно-ацетиленовое пламя. Скорость продуктов сгорания ацетилена в кислороде составляет 10–12 м/с, плотность напыленных покрытий 85–90% плотности компактного материала. В последнее время все шире стали применять заменители ацетилена: пропан, этилен, метан, водород.

Проволочный распылитель (рис. 3) имеет распылительную головку, по оси которой подается проволока, прутки или шнур.

Горелка с дополнительным воздушным соплом (рис. 4), обеспечила интенсивный нагрев поверхности подаваемого материала за счет прижатия пламени к распыляемому материалу расширяющимся воздушным конусом.

Воздух дополнительно ускорял и дробил частицы материала.

Дистанция напыления составляла 50 мм. Плотность покрытий из стержней со связующим на жидком стекле достигала 95%.

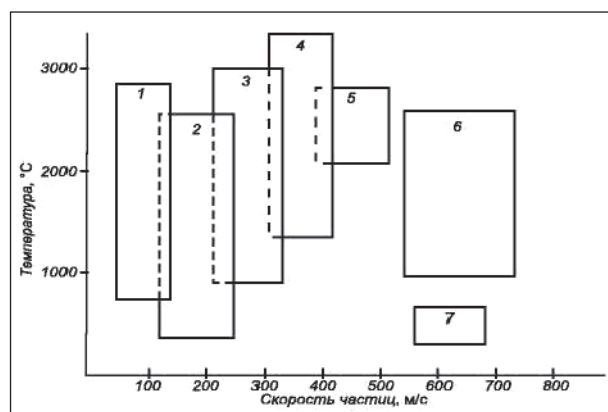


Рис. 2. Основные методы газотермического напыления в координатах температура — скорость (характеристики для материалов, напыляемых из порошка, даны для частиц размером 20–45 мкм): 1 — электродуговая металлизация (в том числе combustion - arc); 2 — газопламенное напыление; 3 — плазменное напыление на воздухе; 4 — плазменное напыление в динамическом вакууме; 5 — высокоскоростные методы напыления HVOF (Jet Kote; DJ-1000; Top Gun Gas); 6 — высокоскоростное напыление под высоким давлением (HP HVOF); 7 — газодинамическое напыление

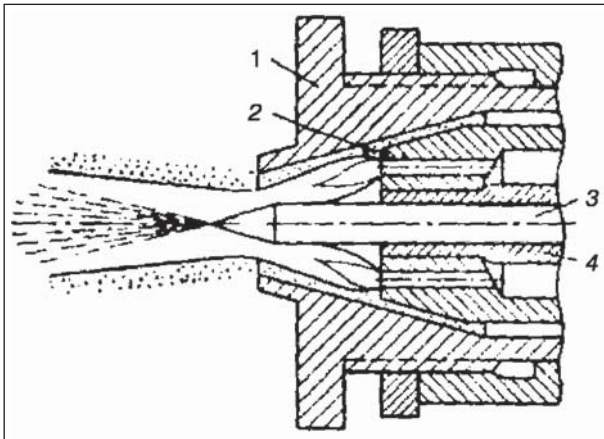


Рис. 3. Схема проволочного распылителя:
1 — воздушное сопло; 2 — газовое сопло;
3 — пруток; 4 — направляющая трубка

Осевое расположение распылителя и малая дистанция напыления позволяли наносить покрытия на внутреннюю поверхность трубы диаметром 100 мм. В отличие от иностранных и отечественных распылителей пистолетного типа оператор работал сидя, в удобной позе, держа распылитель на коленях.

Современный проволочный газопламенный распылитель типа MDP-115, с приводом от электродвигателя мощностью 150 Вт работает на проволоке диаметром 3–3,17 мм из различных материалов (коррозионно-стойкие и углеродистые стали, латуни, бронзы, баббиты, Al, Si, Mo, Zn, Sn, Pb, сплавы на никелевой и кобальтовой основах). Производительность по цветным металлам — до 15 кг/ч, по стали и сплавам — до 9 кг/ч, расход кислорода — 50 л/мин, расход ацетилена или пропана — до 20 л/мин. Давление воздуха — 0,5 МПа. Масса распылителя — 4,1 кг. Он может комплектоваться автоматической установкой, оснащенной роботизированной системой, боксом и пультом дистанционного управления.

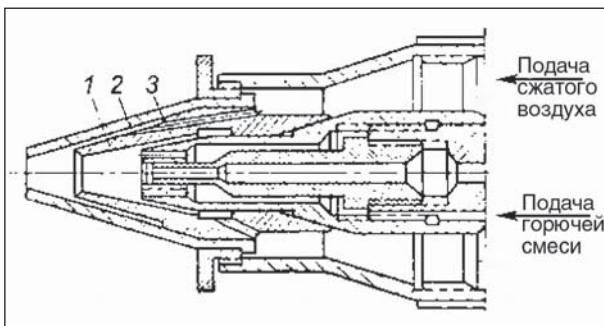


Рис. 4. Распылитель с двойным воздушным соплом: 1 — дополнительное воздушное сопло; 2 — воздушное сопло; 3 — газовое сопло

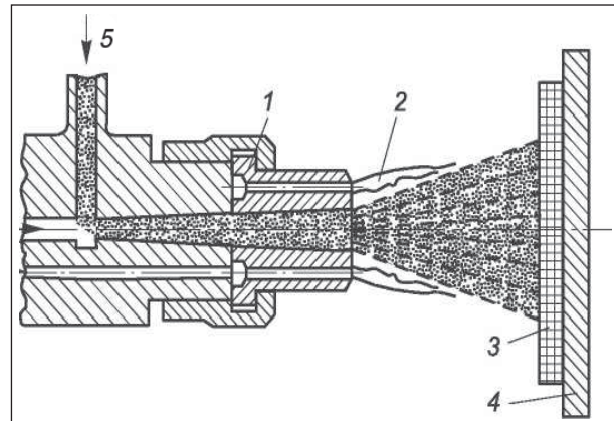


Рис. 5. Схема порошкового распылителя:
1 — газовое сопло; 2 — кольцевое пламя;
3 — покрытие; 4 — подложка;
5 — порошок

Газопламенное напыление порошков достаточно широко использовалось в прежние годы, хотя оно не всегда могло обеспечить приемлемое качество покрытий.

Порошковый распылитель схематично представлен на рис. 5.

Порошковая струя окружена кольцом пламени. При перемешивании струй пламени и газопорошковой взвеси происходит теплообмен. Частицы нагреваются до температуры плавления и переносятся на подложку.

Порошковые установки предназначались для напыления легкоплавких материалов (УГПЛ) — цинка, термопластичных пластмасс (температура плавления до 800°C) — и напыления тугоплавких материалов (УГПТ), имеющих температуру плавления до 2050°C, но в основном — для нанесения самофлюсующихся материалов.

Шнуровое газопламенное напыление явилось одной из попыток расширить возможности технологии газопламенного напыления, при котором в качестве материала для покрытия используются специально разработанные гибкие шнуровые материалы (ГШМ).

ГШМ представляет собой спрессованный на органической связке порошковый материал, заключенный в оболочку из органического материала.

Преимущество этого метода перед подачей порошкового материала заключается в гарантированном плавлении порошка, а перед стержневой подачей материала — в непрерывности процесса напыления. Чистоту и защиту от окисления воздуха напыляемого материала обеспечивает возгоняющееся полимерное связующее.

Для распыления ГШМ может быть использовано стандартное оборудование, предназначен-

ное для проволоочного распыления (Metco 12E, МГИ-4, МДР-115), а также горелки «Техникорд ТОП-ЖЕТ/2» (Россия), «ТЕНА-ГШ» (Беларусь), Master-Jet/2 (Франция). Установка «Техникорд ТОП-ЖЕТ/2» предназначена для распыления ГШМ диаметром от 3 до 5 мм.

Детонационное напыление (ДН)

Тенденция развития газотермических износостойких покрытий заключалась в увеличении прочности и плотности покрытий. С этой целью фирмой Union Carbide (UC), США, в 50-х годах была разработана высокоскоростная детонационная установка. Скорость истечения газов на срезе ствола длиной 1,4 м составляла 1300 м/с. Плотность покрытий была доведена до 98%. Главным недостатком процесса напыления на детонационной установке была низкая производительность, связанная с дискретным режимом работы.

На рис. 6 представлена схема детонационной пушки.

В канал ствола через механизм подачи газов 1 подается горючая смесь, а через трубку 4 — порошок, который распределяется в газовой смеси 3. С помощью искрового разрядника 2 смесь газов поджигается. Скорость горения (с увеличением давления) увеличивается в канале ствола до скорости детонации смеси. Детонационная волна ускоряет порошок до скорости 400–800 м/с. Подача материала осуществляется вдоль или поперек (радиально) оси ствола.

Выносимые продуктами детонации на поверхность подложки 5 частицы соударяются с ней. Происходит формирование покрытия толщиной 3–15 мкм.

Ствол и камера смешения газов продуваются азотом для удаления продуктов детонации. Затем они наполняются новой порцией взрывчатой смеси, и цикл повторяется. В зависимости от конструкции установки частота циклов может

достигать 8–10 Гц, но в большинстве случаев она равна 3–4 Гц. Кроме ацетилена в качестве горючего газа могут использоваться другие газы, например метан или пропан-бутан. При этом протяженность зоны перехода горения в детонацию увеличивается. Для снижения температуры нагрева частиц напыляемого материала взрывчатая смесь разбавляется азотом или воздухом.

Нагрев частиц до пластического состояния в сочетании с приобретаемой значительной кинетической энергией позволяет получать покрытия с высокой прочностью сцепления (до 250 МПа) и низкой пористостью (менее 2%). Процесс ДН характеризуется значительным числом технологических параметров, основными из которых являются следующие:

- глубина загрузки порошка, т. е. расстояние от места ввода порошка до среза ствола;
- соотношение расходов газов: горючего, кислорода, азота или воздуха, т. е. состав рабочей взрывчатой смеси;
- степень заполнения ствола — отношение суммарного расхода газа за один цикл к суммарному объему ствола и камеры смешения;
- расход азота для продувки ствола;
- толщина напыляемого слоя за один цикл;
- дистанция напыления;
- химический и гранулометрический состав и способ изготовления порошка.

От глубины загрузки зависит время пребывания частиц порошка внутри ствола, полнота физико-химического взаимодействия с продуктами детонации.

Состав смеси существенно влияет на энергетические характеристики частиц порошка и определяет химическое взаимодействие напыляемого материала с продуктами детонации.

В зависимости от состава рабочей смеси может происходить полное или неполное сгорание горючего газа. Оптимальной рабочей

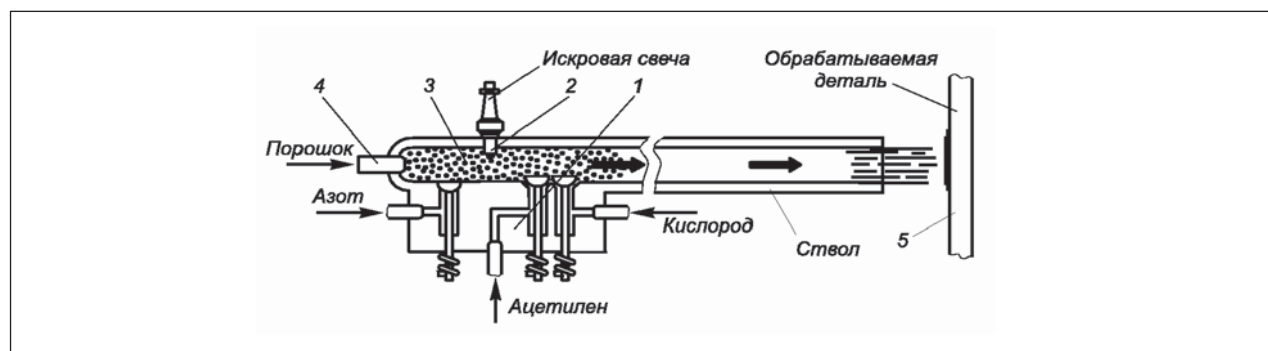


Рис. 6. Схема детонационного напыления

смесью может быть смесь, близкая к стехиометрической.

Степень заполнения ствола (коэффициент заполнения) оказывает существенное влияние на температуру частиц, так как при малом коэффициенте заполнения в стволе появляется зона, свободная от горячего газа.

Толщина единичного слоя зависит от дозы порошка, подаваемого в ствол, и определяется прочностью слоя и прочностью сцепления, которые в свою очередь зависят от качества подготовки поверхности, температуры частиц и подложки, скорости частиц, теплопроводности материалов частиц и подложки, формы подложки, размера частиц. Толщина единичного слоя составляет 5–20 мкм.

Дистанция напыления определяется из условия минимального воздействия на поток частиц отраженной от поверхности подложки волны. Практически для стволов различного диаметра эта величина составляет 150–200 мм.

Отечественная установка «АДУ-Обь» характеризуется высокой надежностью при скорострельности частотой 5–6 Гц и толщиной единичного слоя от 5 (чугун) до 25 (ВК-25) мкм.

Высокоскоростное напыление (ВСН)

В начале 80-х годов появились установки высокоскоростного напыления, более простые по конструкции и основанные на классической схеме ЖРД, параметры которых следующие: скорость газового потока более 2000 м/с, плотность покрытий достигает 99,9%. В качестве наносимого материала используют порошки карбидов, металлокарбидов, сплавов на основе Ni, Cu и др. На рис. 7 представлена схема распылителя системы ВСН.

Для увеличения скорости частиц увеличивают скорость истечения продуктов сгорания путем повышения давления в камере сгорания

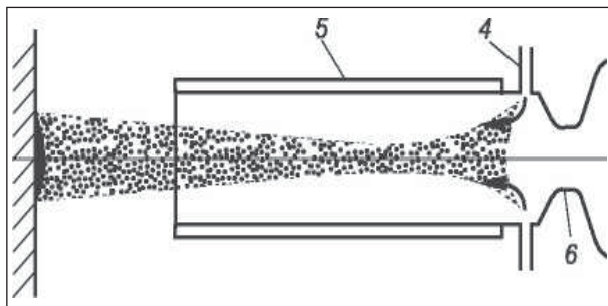


Рис. 7. Схема высокоскоростного порошкового распылителя: 1 — подача порошка (осевая); 2 — подача кислорода; 3 — подача топлива; 4 — подача порошка (радиальная); 5 — ствол

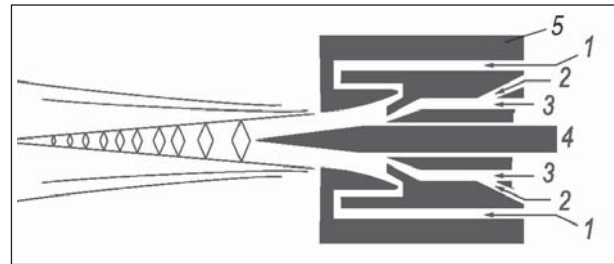


Рис. 8. Схема высокоскоростного проволочного распылителя: 1 — сжатый воздух; 2 — топливо; 3 — кислород; 4 — проволока; 5 — ствол

до 1,0–1,5 МПа, а в конструкцию соплового аппарата вводят сопло Лавала.

При газопламенном проволочном напылении в покрытии содержится меньше оксидов, чем при порошковом напылении. Это имеет особо важное значение для получения плотных коррозионно-стойких покрытий. Однако относительно малая скорость частиц при газопламенном напылении не обеспечивает плотного формирования покрытий. Поверхность частиц успевает окислиться.

Особенность конструкции проволочного ВСН-распылителя заключается в том, что камера сгорания приближена к выходному отверстию сопла (рис. 8). Увеличение скорости частиц при меньшей их температуре позволило снизить уровень окисленности частиц и повысить плотность покрытий.

В порошковых распылителях ВСН первого и второго поколений использовалось цилиндрическое сопло.

Для систем первого поколения давление в камере сгорания составляло 0,3–0,5 МПа, скорость частиц — 450 м/с для WC-Co (83–17) грануляцией 10–45 мкм. К таким системам относились Jet Cote, CDS, Top Gun G, Diamond Jet и др. Для систем второго поколения давление в камере сгорания составляло 0,6–1,0 МПа, скорость частиц — 600–650 м/с для WC-Co (83–17) грануляцией 10–45 мкм. Расход порошка — 10 кг/ч. В системах третьего поколения применялись расширяющиеся профильные сопла Лавала.

К таким системам относятся установки JP-5000, DJ 2600/2700, OSK Carbide Jet, Top Gun K и др. Расход порошка составляет до 18 кг/ч.

Электродуговая металлизация (ЭДМ)

Сущность способа заключается в нагреве в распылителе электрической дугой сходящихся проволок до их плавления. Капли расплавленного металла сдуваются затем газовым потоком в направлении подложки. Первые распылители работали на переменном токе от сварочного

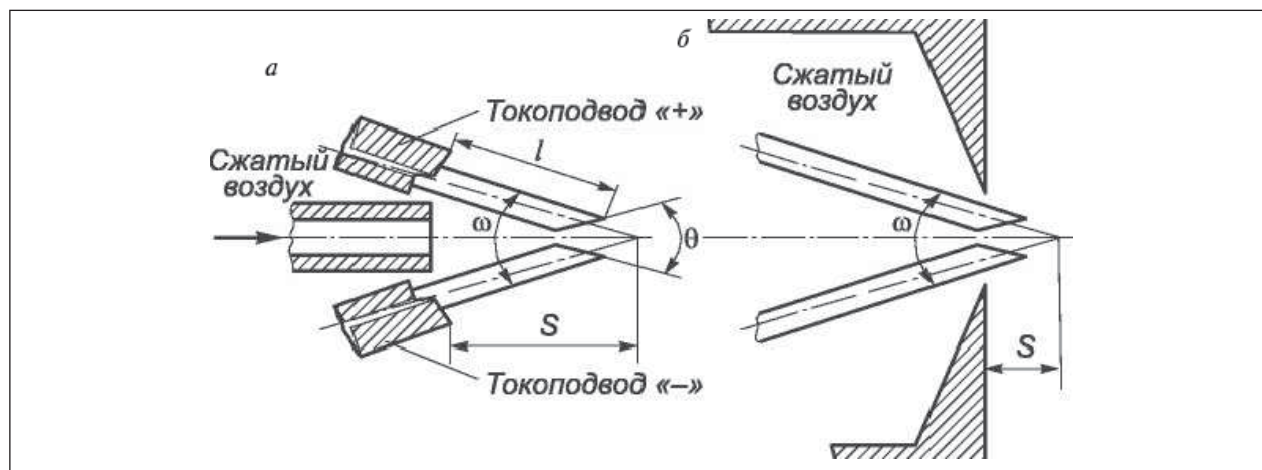


Рис. 9. Сопловые устройства ЭДМ

трансформатора. Дуга гасла в моменты перехода напряжения через нуль, что приводило к ее неустойчивому горению.

Исследования показали, что, несмотря на различную мощность, вкладываемую в анод и катод, происходит саморегулирование дуги: электроды плавятся с одинаковой скоростью. Это позволило разработать источник постоянного тока для установки КДМ-4. Распылитель имел постоянную скорость подачи проволоки одного диаметра для анода и катода.

К характерным особенностям ЭДМ следует отнести:

- холодную воздушную струю (для классической схемы);
- форму пылегазовой струи, представляющую собой совокупность двух осесимметричных струй, образующих на подложке эллиптическое пятно напыления.

Энергетический КПД распылителя имеет наиболее высокое значение (0,7–0,9) среди различных способов ГТН. В применяемых на практике распылительных головках аппаратов ЭДМ используются два вида сопловых устройств (рис. 9). В первом случае (см. рис. 9, а) это цилиндрическое сопло, а во втором (см. рис. 9, б) — сопло с острой кромкой.

Сопловая система, представленная на рис. 9, а, конструктивно проще, удобнее в эксплуатации и позволяет использовать профилированные сопла. Вторая система (см. рис. 9, б) требует более точной наладки и позволяет получать более однородные и мелкие частицы. Сопло с острой кромкой изготавливается из керамики, так как находится в зоне нагрева материала.

В настоящее время все шире применяется метод совмещения в одном процессе ЭДМ и ГН. В данном случае распыляющим газом является

не холодный газ, а обычно продукты сгорания пропана в кислороде или на воздухе. Этот процесс, названный «Combustion Arc», позволяет получить более плотные и менее окисляемые покрытия.

Плазменное напыление (ПН)

Плазменный распылитель (рис. 10) состоит из катодного 1 и анодного 2 узлов. Между катодом 3 и анодом 4 возбуждается электрическая дуга 5.

Дуга в сопле анода отжимается газовым потоком от стенок охлаждаемого сопла, что увеличивает плотность ее энергии и повышает температуру столба дуги.

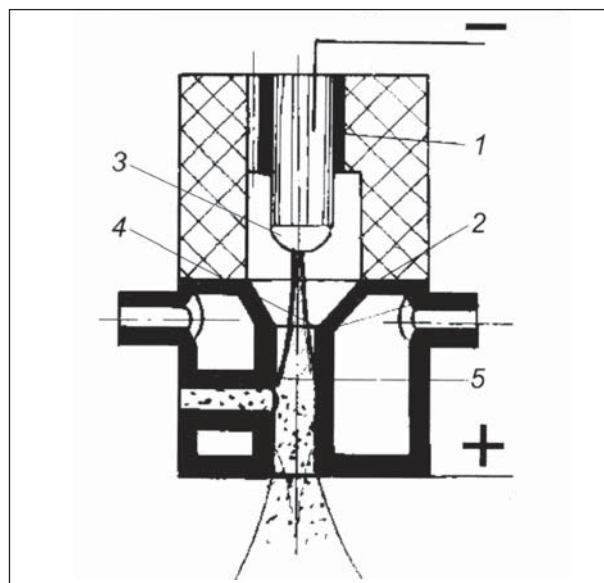


Рис. 10. Схема плазменного распылителя

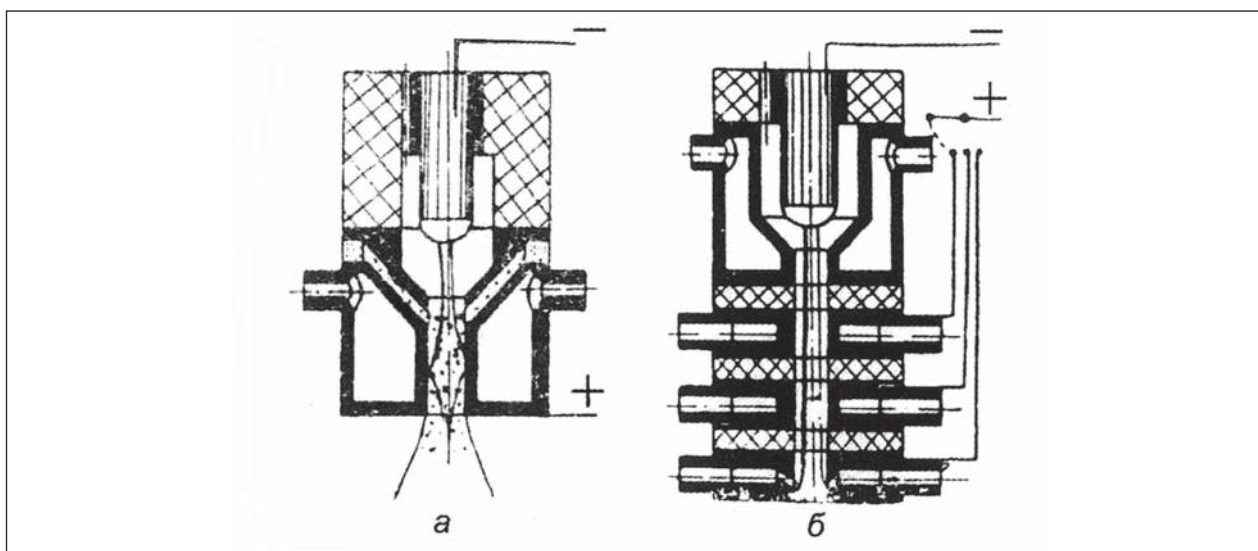


Рис. 11. Плазменные распылители

Плазмотроны постоянного тока бывают с самоустанавливающейся (рис. 11, а) и фиксированной длиной дуги, когда дуга удлиняется за счет последовательного переключения на аноды, разделенные между собой электрически нейтральными межэлектродными вставками (рис. 11, б).

При использовании аргона в качестве плазмообразующего газа на плазмотроне с самоустанавливающейся дугой падение напряжения составляет 30 В, а с фиксированной дугой — 100 В и более.

Порошковые распылители (рис. 12) в зависимости от свойств и размеров частиц создавались с подачей в плазменную струю 1, под углом навстречу потоку 2, в сопло в заанодную зону дуги 3 или в доанодную зону.

В настоящее время плазмотроны большой мощности спроектированы с подачей порошка в плазменную струю 1 (см. рис. 12). Такая схема не влияет на дугу. Плазмотроны имеют завышенную мощность, чтобы тепла плазменной струи хватило на нагрев порошка.

Следует отметить, что подача порошка в доанодную зону была выгоднейшей с точки зрения теплообмена, но сопряжена с перегревом частиц в сопле и забиванием сопла расплавленными частицами из-за высоких требований к равномерности подачи порошка. Рассредоточенность подачи порошка обеспечивала устойчивую работу плазмотрона.

Тенденции развития плазменных распылителей — увеличение эффективности процесса. Разработаны установки мощностью до 160–200 кВт, работающие на воздухе, аммиаке, пропане,

водороде, в динамическом вакууме, в воде. Применение специальных сопел позволило получить сверхзвуковое истечение струи двухфазного потока, которое, в свою очередь, обеспечило получение плотного покрытия.

С другой стороны, для нанесения покрытий на малые детали (поверхности), например коронки в стоматологии, бандажные полки лопаток ГТД в авиастроении, были разработаны микроплазменные горелки, работающие на токах 15–20 А при мощности до 2 кВт.

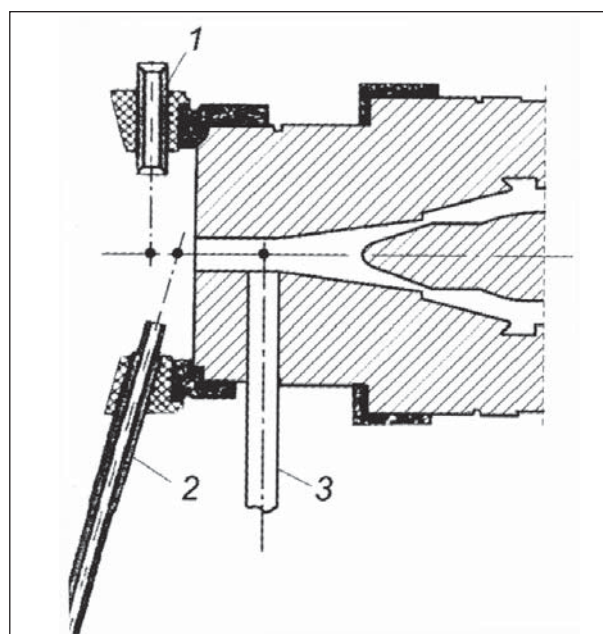


Рис. 12. Схемы подачи порошка в плазмотрон

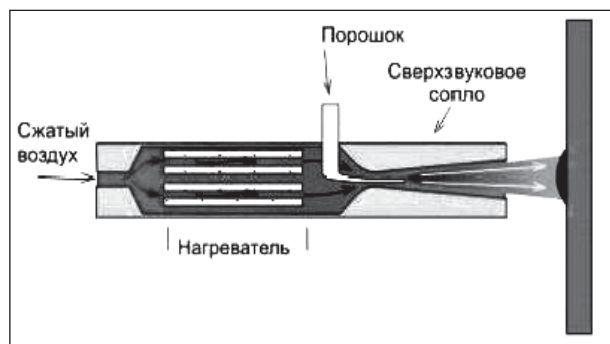


Рис. 13. Схема газокинетического метода напыления

Увеличение ресурса соплового аппарата (катод — анод) плазменного распылителя повышенной мощности (50–80 кВт) тормозилось из-за низкой эрозионной стойкости медного сопла в зоне анодного пятна. С целью увеличения стойкости сопла были разработаны вольфрамовые вставки, запрессованные в медное сопло таким образом, чтобы теплота эффективно отводилась медной оболочкой и удалялась охлаждающей водой. Наиболее удачной была конструкция плазмотрона типа F-4, разработанного фирмой Plasma-Technik AG, работающего длительное время на токе до 800 А при мощности 55 кВт.

Современная автоматическая установка плазменного напыления MF-P-1000 работает на смеси газов аргона, азота, водорода при расходе аргона до 100 л/мин, азота — до 50 л/мин, водорода — до 20 л/мин, транспортирующего газа — до 30 л/мин. Производительность по металлическим сплавам — до 5 кг/ч. Плотность покрытий составляет 92–99%, прочность сцепления — 30–80 МПа. Установка комплектуется плазмотронами F-4 мощностью 55 кВт или F-1 для нанесения на внутренние поверхности диаметром от 90 мм при мощности 25 кВт, плазмотроном SG-100 мощностью 80 кВт и снабжена роботом KUKA KR-15/2 грузоподъемностью на руке 15 кг. Установка разработана и поставляется ООО «ТСЗП» (Россия).

Газодинамическое напыление (ГДН)

В противоположность «горячим» способам в середине 80-х годов в Институте теоретической и прикладной механики СО АН СССР было обнаружено явление формирования покрытий из «холодных» частиц пластичных металлов, скорость которых превышала некоторое пороговое значение.

На основании этого явления А. П. Акимовым, А. Н. Папериным, В. Ф. Косаревым и другими был разработан «газодинамический» способ и распылители на его основе. Плотность покрытий из материалов на основе Al, Zn, Cu, Ti и др. достигала 98%. Установки ГДН снабжены нагревателем, в котором воздух нагревался до 350–600°C в металлическом змеевике от сварочного трансформатора (рис. 13).

Установки нашли широкое применение за рубежом.

Отличие напыленных покрытий из меди и алюминия, полученных способом ГДН, от традиционных, полученных способами ГН или ЭДМ, заключается в том, что в покрытиях ГДН нет оксидов при высокой плотности покрытий, нет растворенных газов, в первую очередь водорода. Наличие водорода в алюминиевом покрытии снижает протекторную защиту стали от коррозии. Поэтому такой способ применили для защиты сварных швов при производстве кузовов дорожных автомобилей. Использование смеси порошка различного размера (алюминия и карборунда) позволило наносить покрытие на неподготовленную поверхность стальных листов.

Отечественная установка «Димет» выпускается Обнинским центром порошкового напыления. Характеристики установки ручного типа: рабочий газ — воздух с давлением 0,6–1 МПа, расход — 0,3 м³/мин; мощность — 2 кВт при 220 В; производительность — 15 г/мин; прочность сцепления — 30–80 МПа; пористость покрытия — 1–7%.

Литература

1. Пузряков А. Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления. — М.: Изд. МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. — 360 с.
2. Балдаев Л. Х., Буткевич М. Н., Панфилов Е. А. и др. Перспективы применения газотермического напыления при ремонте и сервисе оборудования жилищно-коммунального хозяйства, текстильной и других отраслей промышленности // Технология машиностроения. — 2006. — №6. — С. 58–63.

Некоторые способы моделирования, применяемые при исследовании системы технического обслуживания и ремонта автомобильной техники в народном хозяйстве

*Н. Г. Солоха, А. В. Вернигор, И. К. Спасюк
Филиал Российского государственного университета
туризма и сервиса, г. Смоленск*

Для создания сервисного центра, обеспечивающего обслуживание и ремонт автомобилей, продажу запасных частей и сопутствующих товаров, оказание дополнительных услуг и т. д., необходимо постоянно проводить анализ и знать характеристики соответствующего сектора рынка, иметь возможности для быстрого реагирования на изменение спроса и предложения рынка, так как емкость рынка автомобилей растет вслед за ростом покупательской способности населения [1]. Поэтому применение предлагаемого способа моделирования для исследования системы (сервисного центра) технического обслуживания и ремонта автомобильной техники позволит смоделировать и с достаточно высокой точностью математически рассчитать трудоемкость основных работ, количество привлекаемых рабочих нужной квалификации, а также необходимое оборудование, которое будет необходимо для выполнения работ на сервисном центре [2, 3].

Моделирование – одна из основных теорий познания: на идее моделирования по существу базируется любой метод научного исследования, как теоретический, так и экспериментальный [4, 5].

Основная цель и содержание исследования операций – количественное обоснование рациональных (оптимальных) решений. Любое исследование операций предпринимается с некоторой целью. Такой целью или научной задачей может быть создание рациональной системы технического обслуживания.

Чем удачнее подобрана математическая модель, тем лучше она отражает характерные черты явления, тем успешнее будет исследование и полезнее вытекающие из него рекомендации.

В каждом конкретном случае модель явления, процесса и связанного с ними показателя эффективности строится исходя из целевой направленности операции и задачи научного исследования с учетом требуемой точности решения, а также точности, с какой могут быть известны исходные данные.

Сходство модели с объектом, который она отображает, называется степенью изоморфиз-

ма. Для того чтобы быть изоморфной (т. е. идентичной или сходной по форме), модель должна удовлетворять двум условиям.

Во-первых, должно существовать взаимно однозначное соответствие между элементами модели и элементами представляемого объекта. Во-вторых, должны быть сохранены точные соотношения или взаимодействия между элементами. Очевидно, что получить изоморфную модель сложной системы, какой является система технического обслуживания и ремонта автомобильной техники, достаточно сложно. Большинство исследуемых моделей гомоморфно. Под гомоморфизмом понимается сходство по форме при различии основных структур, причем имеет место лишь поверхностное подобие между различными группами элементов модели и объекта. Гомоморфные модели являются результатом процессов упрощения и абстракции. Исходя из вышеизложенного, сформулируем основные требования, предъявляемые к модели:

- адекватность модели реальной системе или процессу, достоверность и полнота результатов моделирования;

- системный подход и комплексное решение основных задач по созданию математической модели. Она должна обеспечивать сохранение логики системных отношений, характерных для моделируемой системы. Модель должна удовлетворять требованию модульности;

- соответствие модели целям исследований;

- оперативность моделирования. Необходимо обеспечить возможность получения и практического использования результатов в интересах исследователя;

- модель должна быть чувствительна по отношению к тем параметрам, рациональные значения которых требуется определить;

- эволюционность, т. е. должна быть обеспечена возможность непрерывного совершенствования модели путем уточнения ее отдельных элементов.

Пусть имеется некоторый объект O , напри-

мер система технического обслуживания и ремонта автомобильной техники, на функционирование которой мы можем в какой-то мере влиять, выбирая тем или другим способом зависящие от нас параметры. Эффективность функционирования системы технического обслуживания и ремонта автомобильной техники характеризуется каким-то численным критерием или показателем W , который требуется обратить в максимум. Показатель эффективности W зависит от нескольких групп факторов. Для системы технического обслуживания и ремонта автомобильной техники типичен случай, когда не все условия известны заранее, а некоторые из них содержат элемент неопределенности. В подобных случаях эффективность зависит от трех категорий факторов: условия $a_1, a_2, \dots$, которые известны заранее и не могут быть изменены; неизвестные условия или факторы $Y_1, Y_2, \dots$; элементы решения $x_1, x_2, \dots$, которые предстоит выбрать.

Пусть эффективность характеризуется некоторым показателем W , зависящим от всех трех групп факторов. Это записывается в виде общей формулы

$$W = W(a_1, a_2, \dots; Y_1, Y_2, \dots; x_1, x_2, \dots).$$

Наличие неизвестных факторов $Y_1, Y_2, \dots$ переводит задачу в категорию задач о выборе решения в условиях неопределенности.

В случае, когда неизвестные факторы, фигурирующие в модели — $Y_1, Y_2, \dots$, — являются обычными случайными величинами (или случайными функциями), распределение которых хотя бы ориентировочно известно, для оптимизации решения может быть применен один из двух приемов: искусственное сведение к детерминированной схеме; «оптимизация в среднем».

Первый прием сводится к тому, что неопределенная, вероятностная картина явления приближенно заменяется детерминированной. Для этого все участвующие в задаче случайные факторы $Y_1, Y_2, \dots$ приближенно заменяются неслучайными (как правило, их математическими ожиданиями).

Этот прием применяется по преимуществу в грубых, ориентировочных расчетах, когда диапазон случайных изменений величин $Y_1, Y_2, \dots$ сравнительно мал, т. е. они без большой натяжки могут рассматриваться как неслучайные. Заметим, что тот же прием замены случайных величин их математическими ожиданиями может успешно применяться и в случаях, когда величины $Y_1, Y_2, \dots$ обладают большим разбросом, но показатель эффективности W зависит от них линейно (или почти линейно).

Второй прием («оптимизация в среднем») более сложный. Он применяется, когда случайность величин $Y_1, Y_2, \dots$ весьма существенна и замена каждой из них ее математическим ожиданием может привести к большим ошибкам.

Существует своеобразный случай, возникающий в так называемых конфликтных ситуациях, когда неизвестные параметры $Y_1, Y_2, \dots$ зависят не от объективных обстоятельств, а от причин, на которые мы повлиять не можем. При выборе решений в подобных случаях используется математический аппарат так называемой теории игр.

На практике часто встречается случай, когда эффективность приходится оценивать не по одному, а сразу по нескольким показателям: $W_1, W_2, \dots, W_3$, одни из этих показателей желательно сделать больше, другие — меньше.

Такая множественность показателей эффективности, из которых некоторые желательно максимизировать, а другие — минимизировать, характерна для любой сколько-нибудь сложной задачи.

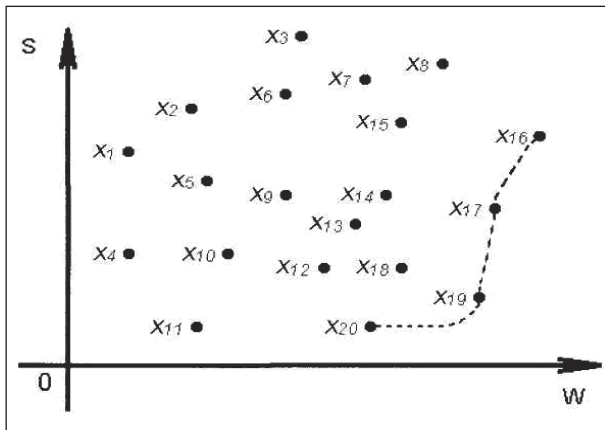
Прежде всего, надо подчеркнуть, что выдвинутые требования, вообще говоря, несовместимы. Решение, обращающее в максимум один какой-то показатель W_1 , как правило, не обращает ни в максимум, ни в минимум другие показатели $W_2, W_3, \dots$.

Поэтому широко распространенная формулировка «достижение максимального эффекта при минимальных затратах» для научного исследования не подходит. Корректной является любая из формулировок «достижение максимального эффекта при заданных затратах» или же «достижение заданного эффекта при минимальных затратах».

Проиллюстрируем сказанное на характерном для системы технического обслуживания и ремонта автомобильной техники примере. Пусть анализируется (выполнение работ за какой-то промежуток времени) операция O , оцениваемая по двум показателям: W — эффективность проведения технического обслуживания или ремонта; S — стоимость израсходованных средств.

Очевидно, первый показатель желательно обратить в максимум, а второй — в минимум. Предположим для простоты, что предлагается на выбор конечное число — 20 различных вариантов решения, обозначим их $X_1, X_2, \dots, X_{20}$. Для каждого из них известны значения обоих показателей W и S .

Каждый вариант решения в виде точки на плоскости с координатами W и S изображен на рисунке.



Пространство решений выбранной операции O

Из рисунка видно, что некоторые варианты решения «неконкурентоспособны» и заранее должны быть отброшены. Варианты решения, которые следует предпочесть при оценке эффективности по двум показателям, лежат одновременно и на правой, и на нижней границе области. Это пунктирная линия (см. рисунок). Действительно, для каждого из вариантов, не лежащих на этом участке границы, всегда найдется другой вариант, не уступающий ему по эффективности, но зато более дешевый или, наоборот, не уступающий ему по дешевизне, но зато более эффективный. Таким образом, из 20 предварительно выдвинутых вариантов большинство выпадает из рассмотрения, и остается только проанализировать оставшиеся четыре варианта: X_{16} , X_{17} , X_{19} , X_{20} . Из них X_{16} — наиболее эффективный, но зато сравнительно дорогой; X_{20} — самый дешевый, но зато не столь эффективный. Дело специалиста, принимающего решение, — разобраться в том, какой ценой мы согласны оплатить известное повышение эффективности или, наоборот, какой долей эффективности мы согласны пожертвовать, чтобы не нести слишком больших материальных потерь.

Например, можно задаться в качестве дисциплинирующего условия общей стоимостью, отведенной на выполнение мероприятий технического обслуживания и ремонта автомобильной техники, и искать такой вариант решения, при котором количество отремонтированной техники максимально. При такой постановке задачи все показатели эффективности, кроме одного, главного, переводятся в разряд заданных условий. Варианты решения, не укладывающиеся в заданные границы, сразу же отбрасываются как неконкурентоспособные.

Для исследования задач технического обслуживания и ремонта автомобильной техники применяют системы массового обслуживания [2, 5]. Каждая система массового обслуживания (СМО) состоит из какого-то числа обслуживающих единиц, которые называются каналами обслуживания. В качестве «каналов» могут фигурировать: ремонтные органы (сервисные организации), рабочие точки и т. д.

Все системы массового обслуживания можно разделить на две большие группы: однородные и неоднородные. Первые состоят из однородных обслуживающих элементов, а вторые — из неоднородных. Например, если автомобильная колонна или какое-либо предприятие имеет автомобили и средства технического обслуживания и ремонта однотипные, то это будет однородная система массового обслуживания.

Системы массового обслуживания могут быть одноканальными или многоканальными. Для технического обслуживания и ремонта автомобильной техники характерна многоканальная система.

Каждая СМО предназначена для обслуживания (выполнения) какого-то потока заявок (неисправной техники), поступающих на СМО в какие-то случайные моменты времени. Обслуживание поступившей заявки продолжается некоторое случайное время, после чего канал освобождается и готов к принятию следующей заявки. Случайный характер потока заявок приводит к тому, что в какие-то промежутки времени на входе СМО скапливается излишне большое число заявок (они либо образуют очередь, либо покидают СМО необслуженными). В другие же периоды СМО будет работать с недогрузкой или вообще простаивать. По времени пребывания заявки в сфере обслуживания все системы можно разбить на три большие группы:

- системы с отказами,
- системы с ограниченным временем ожидания,
- системы с неограниченным временем ожидания.

Обслуживание в системе с ожиданием может быть «упорядоченным» (заявки обслуживаются в порядке поступления) и «неупорядоченным» (заявки обслуживаются в случайном порядке). Кроме того, в СМО применяется так называемое «обслуживание с приоритетом», когда некоторые заявки обслуживаются в первую очередь, предпочтительно перед другими. Например, подача в ремонтные органы специальной автомобильной техники, которая существенно влияет на сроки выполнения основных работ.

Почти все задачи теории массового обслуживания, доведенные до конечных расчетных формул и получившие практическое применение, исходят из положения, что входящий поток — простейший (пуассоновский), который обладает тремя основными свойствами: стационарностью, ординарностью и отсутствием последействия.

Случайный поток называется *стационарным*, если на временной оси отложить равные, но непересекающиеся интервалы времени τ . Вероятность события — появление в этих интервалах определенного числа заявок — зависит для данного потока от величины τ и не зависит от положения этого интервала на временной оси (от моментов времени t_1, t_2, t_3 и т. д.).

Для простейшего потока вероятность поступления в промежуток времени длительностью τ ровно k требований определяется формулой

$$P_k(\tau) = \frac{a^k}{k!} e^{-a},$$

где a — среднее число событий, попадающих на участок t .

Ординарность потока требований означает практическую невозможность появления двух и более требований в один и тот же момент времени. *Отсутствие последействия* состоит в том, что вероятность поступления за отрезок времени τ определенного числа требований не зависит от того, сколько требований уже поступило в систему раньше, не зависит от предыстории изучаемого явления. Отсутствие последействия предполагает взаимную независимость протекания потока в неперекрывающихся между собой промежутках времени.

Важной характеристикой потока является его интенсивность, которая определяется как математическое ожидание числа требований в единицу времени. Для простейшего потока среднее число требований, поступающих за время t , составит

$$M[\mu(t)] = \sum_{k=1}^{\infty} k P_k(t) = e^{-\lambda t} \sum_{k=1}^{\infty} k \frac{(\lambda t)^k}{k!} = \lambda t,$$

где $\mu(t)$ — интенсивность потока; λ — параметр потока.

Параметр потока в теории массового обслуживания определяется как предел отношения вероятности появления за время Δt хотя бы одного требования $\pi_1(t)$ ко времени Δt .

В системе технического обслуживания и ремонта автомобильной техники поток заявок можно представить ординарным и без последействия. Действительно, вероятность того, что выйдут из строя одновременно два и более изделия очень мала и исправность одного изделия не зависит от состояния другого. Для того чтобы поток был стационарным, необходимо весь промежуток времени разбить на временные интервалы (движение автомобиля от автопарка до места выполнения работ, выполнение запланированных работ, движение автомобиля с места выполнения работ до места стоянки и т. д.).

Следует заметить, что чем сложнее СМО, чем больше в ней каналов обслуживания, тем точнее оказываются приближенные формулы, полученные с помощью марковской теории. Следует также заметить, что в ряде случаев для принятия обоснованных решений по управлению работой СМО вовсе и не требуется точного знания всех ее характеристик — зачастую достаточно и приближенного, ориентировочного.

Таким образом, предмет теории массового обслуживания — установление зависимости между характером потока заявок, числом каналов, их производительностью, правилами работы СМО и успешностью (эффективностью) технического обслуживания и ремонта.

Применение теории массового обслуживания организациями (или частными лицами), проводящими анализ целесообразности применения станций технического обслуживания и ремонта (СТО) в том или ином населенном пункте по типам автомобильной техники, позволит более точно определить размеры и производственные возможности СТО, что приведет к более качественному обслуживанию автомобильной техники.

Литература

1. Спасюк И. К. и др. Анализ состояния и функционирования СТОА в городе Смоленске. Учеб. пос. — Смоленск, СФ МГУС, 2007.
2. Вентцель Е. С. Теория вероятности. — М.: Наука, 2003.
3. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Прикладные задачи теории вероятности. — М.: Радио и связь, 1983.
4. Андреев И. И., Татарченко А. Е. Применение математических методов в военном деле. — М.: Воениздат, 1967.
5. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. — М.: Наука, 1991.