

УДК 629.113.539.538

Гребенников А.С., Гребенников С.А., Косарева А.В.

**ЦИКЛИЧНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ НА РЕМОНТ
АВТОМОБИЛЕЙ И ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН**

*Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.*

Саратов, ул. Политехническая, 77, 410054

A.S. Grebennikov, S.A. Grebennikov, A. V. Kosareva

**CYCLICITY OPERATING COSTS FOR THE REPAIR OF CARS AND
ROAD-BUILDING MACHINES**

The Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

Saratov, 77 Politechnicheskaya street, 410054

Аннотация: Приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований цикличности изменения технического состояния элементов автомобилей и дорожно-строительных машин в процессе эксплуатации, которые необходимо учитывать при планировании текущих затрат на обеспечение их работоспособности

Ключевые слова: управление, техническое состояние, цикличность, затраты на ремонт, эксплуатационный цикл

Abstract: The results of theoretical and experimental studies of cyclical changes in the technical condition of elements of cars and road-building machines in operation, which must be considered when planning the current expenditure on maintenance of their health

Keywords: management, technical condition, cyclicity, age repair, operational period.

По мере выработки ресурса («возраста») автотранспортных средств (АТС) и строительно-дорожных машин (СДМ) доля эксплуатационных затрат в себестоимости выполняемых работ увеличивается из-за нарастающей частоты отказов основных элементов. По этой причине финансовыми и техническими

службами автотранспортных и дорожно-строительных предприятий постоянно корректируются предстоящие квартальные и годовые эксплуатационные затраты на выполнение восстановительных работ по текущему (ТР) и капитальному (КР) ремонтам техники. Основанием для их планирования являются нормативные требования, предусмотренные планово-предупредительной системой (ППС) ТО и ремонта [2, 6, 8, 10], которые длительное время не пересматривались. В частности, прогрессивные конструктивно – технологические изменения в сфере АТС увеличили нормативы периодичности ТО-1, ТО-2 в 1,5-3 раза, пробег до КР в 1,5-2 раза. Существенно снизилась трудоемкость работ ЕО, произошло перераспределение трудоемкости работ между ТО-1 и ТО-2, дополнительно появился норматив сезонного обслуживания. Аналогичные изменения произошли и в парке СДМ [2].

Поскольку нормативные документы являются важным управляющим фактором снижения эксплуатационных издержек на функционирование АТС и ДСМ, то их обоснованность должна отражать современные научные и практические достижения. Накопленный опыт в сфере технической эксплуатации АТС и СДМ [1-6, 9, 10] свидетельствует о необходимости реформирования Положения и Рекомендаций [7, 8], в части корректирования трудоёмкости технических воздействий и эксплуатационных расходов на обеспечение их работоспособности. Так, существующим Положением [8] предусмотрено увеличение затрат на запасные части, трудоёмкости и простоя в зоне ТР АТП по мере старения АТС, «возраст» которых определяется пробегом с начала эксплуатации. При этом, в зависимости от пробега АТС осуществляется коррекция только нормативов численных значений удельной трудоёмкости ТР коэффициентом K_4 и продолжительности простоя в ТО и ТР - K'_4 . Какие – либо изменения в периодичность и трудоёмкость выполнения операций ТО не допускаются. По мнению авторов статьи, приведенные в Положении численные значения коэффициентов K_4 и K'_4 и концепция неизменности периодичности ТО подлежат существенному пересмотру,

поскольку они не отвечают объективным данным изменения потока отказов элементов АТС в процессе эксплуатации, и, соответственно, затратам на их устранение. Доводы к этому следующие.

Известно, что изменение технического состояния для большинства элементов АТС и СДМ, представленного в виде динамики приращений структурных параметров относительно наработки l , с достаточной точностью описываются экспоненциальной зависимостью [1]

$$S = S_0 \cdot e^{bl}, \quad (1)$$

где S – текущее значение структурного параметра (износа, зазора, пространственной ориентации и др.); S_0 – значение параметра после этапа приработки; b – коэффициент интенсификации изнашивания.

Так как преобладающей динамикой изменения технического состояния АТС и СДМ по пробегу l является зависимость вида (1), то её и следует принять для численной интерпретации потока постепенных отказов

$$\omega_n = \omega_0 \cdot e^{b_{отк}l}, \quad (2)$$

где ω_0 – параметр потока отказов к концу этапа приработки элементов автомобиля; $b_{отк}$ – коэффициент интенсификации отказов.

Формулу (3) подтверждают многочисленные экспериментальные данные эксплуатационной надёжности отечественных ([1, 3-6, 9, 10], например, табл. 1.2 [10], табл. 5 [6]) и зарубежных [5, 10] АТС и СДМ.

Экспоненциальный рост отказов (3) одновременно свидетельствует о прогрессирующем сокращении наработки на отказ АТС; собственные наблюдения и анализ источников [1, 3-6, 10] показывают, что наиболее интенсивно она снижается после пробега, составляющего $(60...70\%)L_{кр}$. Наоборот, в первую 1/3 эксплуатационного цикла до КР, профилактические работы ТО, в основном, сводятся к проверке уровня и замены масел, эксплуатационных жидкостей, фильтрующих элементов, фактическая работоспособность которых из-за незначительной интенсивности изнашивания агрегатов и систем в 1,5...2 раза превышают нормативную периодичность ТО.

Для повышения эффективности профилактического действия ТО по предупреждению отказов и неисправностей АТС и СДМ, экономически целесообразно: в интервале эксплуатации $(30...70\%)L_{кр}$ обслуживание проводить в рекомендуемые фирмами-производителями нормативные сроки; в интервале $(0...30\%)L_{кр}$ - увеличенные в 1,5 раза; в интервале $(70...100\%)L_{кр}$ - уменьшенные в 1,5...2 раза. В последующие межремонтные периоды $L > L_{кр}$, предложенные значения периодичностей ТО соответственно уменьшают на 20...30%, поскольку восстанавливаемый ресурс АТС после выполнения КР не превышает $80\%L_{кр}$ [1, 10]. Подобное гибкое регулирование периодичности ТО обеспечивает возможность упреждающего устранения отказов механизмов и систем АТС и СДМ, а соответственно, реализует потенциальные показатели безотказности, заложенные их конструкцией.

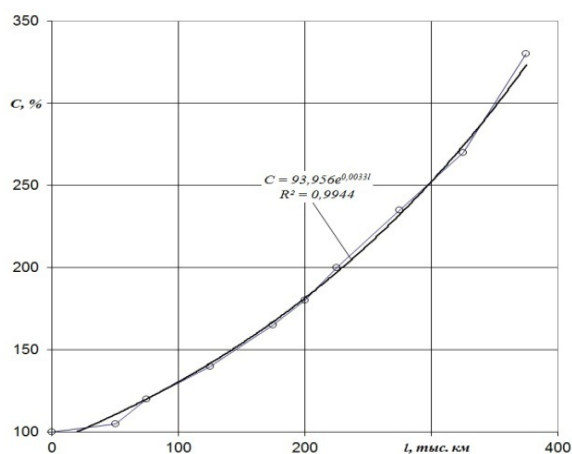
Из динамики (3) следует, что и материальные затраты на обеспечение работоспособности АТС и СДМ в эксплуатации

$$C = C_{O3} \cdot e^{b_3 l}, \quad (4)$$

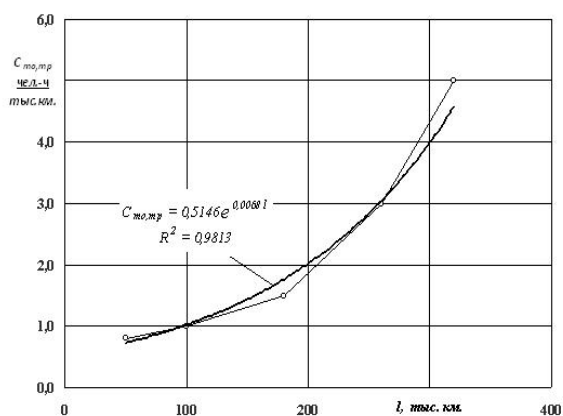
где C_{O3} - значение материальных и трудовых затрат на устранение отказов, приведенных к началу эксплуатации (после этапа приработки); b_3 - коэффициент интенсификации эксплуатационных затрат на единицу пробега.

На рис. 2 приведены примеры роста эксплуатационных затрат автомобилей отечественного и зарубежного производства за первые 7...8 лет работы в различных условиях эксплуатации, аппроксимированные (4) с высокой степенью доверительной вероятности.

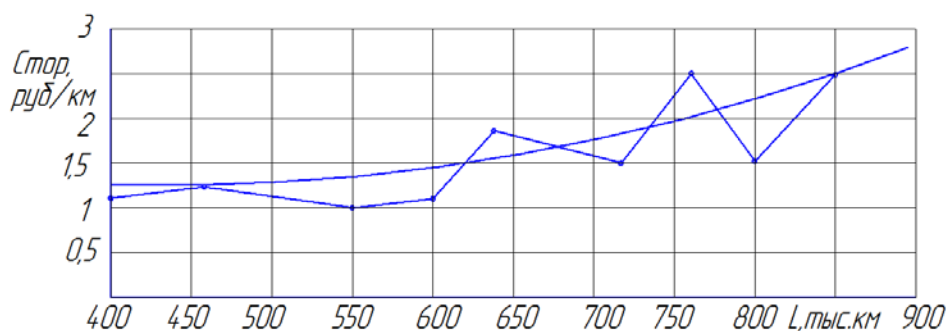
Традиционно считается, что экспоненциальный рост эксплуатационных затрат на поддержание работоспособности АТС и СДМ, превышающих более, чем в 3 раза затраты первых трёх лет (рис. 2), характерен для всего периода эксплуатации. Этот постулат не в полной мере соответствует рациональной методологии планирования эксплуатационных затрат на ТО и ТР в пределах жизненного цикла АТС из-за ряда неучтенных обстоятельств.



а



б



в

Рис. 2. Изменение стоимости запасных частей C , удельной трудоёмкости ТО и ТР $C_{то,тр}$ материальных затрат $C_{стор}$ на обеспечение работоспособности автомобилей ЗИЛ (а) [13], КамАЗ (б) [7] и DAF95 XF (в) [23] от пробега L

Выполненный авторами углубленный анализ причинно-следственных факторов колебаний показателей затрат по наиболее трудоёмким работам поддержания работоспособности АТС и СДМ при длительной эксплуатации (характерной для более 60% техники в РФ), выявил синусоидальную цикличность изменения этих затрат в межремонтных периодах с убывающей от цикла к циклу периодичностью. Подобные колебания затрат вызваны качественными преобразованиями состояний основных агрегатов и систем автомобиля при КР. Заметное снижение эксплуатационных издержек АТС и СДМ наблюдается после периодических замен дорогостоящих элементов (АКБ, шин), обычно совпадающих с КР ДВС, трансмиссии, ходовой части, кузовных элементов. Учет этих факторов в обобщенных динамиках (1), (4) существенно меняет сложившуюся в рамках ППС методику обоснования объёмов

технических воздействий и материально-трудовых затрат в межремонтных, достаточно продолжительных периодах эксплуатации АТС и СДМ.

Если ограничить экономически обоснованными нормативами [6, 10] величину эксплуатационных затрат $C_{эн}$ на поддержание работоспособности АТС и СДМ в межремонтных периодах, то их цикличность представляется в виде закономерности рис. 3, где вертикальными сплошными линиями выделены затраты на проведение КР, а пунктирными - пробеги автомобиля до КР. Статистические данные свидетельствуют, что затраты на восстановительные ремонты от цикла к циклу возрастают $C_{кр2} > C_{кр1}$, а каждый последующий послеремонтный эксплуатационный период жизненного цикла АТС и СДМ в 1,3...2 раза короче основного – начального, исходного. После проведения КР основным агрегатам АТС и СДМ затраты на поддержание их работоспособности в начальные периоды следующего цикла эксплуатации возвращаются к значениям, близким исходным, свойственной новой техники, но из-за худших показателей надёжности (технологический уровень восстановленных агрегатов после КР значительно ниже) изменяются по более «крутой» нелинейной зависимости (1).

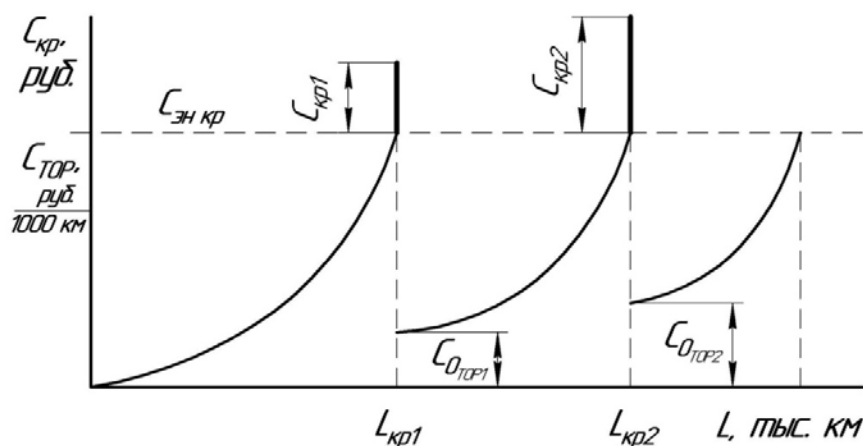


Рис. 3. Изменение удельных эксплуатационных $C_{тор}$ и ремонтно-восстановительных $C_{кр}$ затрат на обеспечение работоспособности АТС по пробегу L : $C_{эн\ кр}$ – экономически обоснованный норматив затрат для выполнения КР (на пробеге $L_{кр1}, L_{кр2}$); $C_{кр1}, C_{кр2}$ – соответственно стоимостные затраты на первый и второй КР; $C_{тор1}, C_{тор2}$ – соответственно значения затрат на ТО и ТР, приведенные к начальным периодам следующих циклов эксплуатации АТС после КР

Сравнительные показатели цикловых изменений затрат на поддержание работоспособности двигателей ЗИЛ [8, 9] до и после КР приведены на рис. 4.

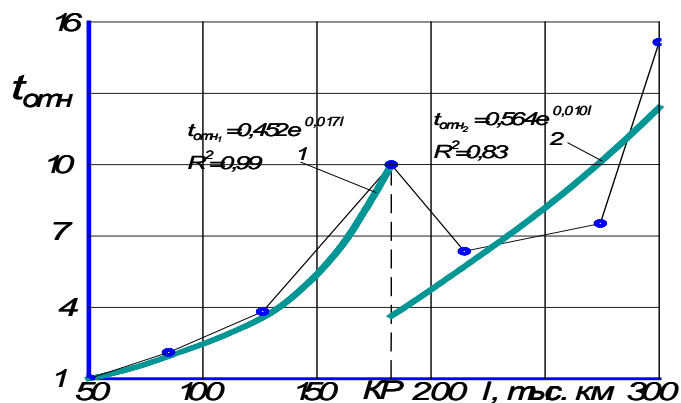


Рис. 4. Изменение относительной трудоёмкости $t_{отн}$ устранения отказа ДВС 8Ч 10/9,5 от пробега l до и после выполнения КР.

Особенно показательны в этом отношении экспериментальные данные [4], связанные с восстановлением кузовных элементов пассажирских АТС - наиболее затратными в сфере технической эксплуатации. Расходы на них составляют от 1/3 до 1/2 стоимости автомобиля, а планирование ремонтных работ в большинстве АТП происходит спонтанно, без учета цикличности их изменения, о чём явно свидетельствует полигон (рис. 5) стоимостных затрат на кузовные работы от срока эксплуатации микроавтобусов [4].

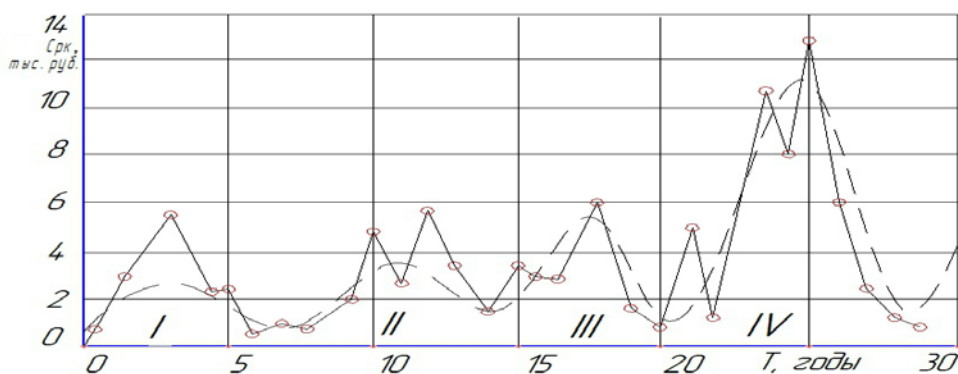


Рис. 5. Полигон стоимостных затрат $C_{рк}$ кузовных работ от срока эксплуатации T микроавтобусов РАФ [4].

Уменьшенные значения протяженности сроков и увеличенные амплитуды циклических изменений затрат (на рис. 5 циклы показаны штриховыми линиями и обозначены цифрами I...IV) по сроку эксплуатации подтверждают ранее обоснованные теоретические предпосылки.

Подобная цикличность изменения удельных эксплуатационных затрат характерна и для других агрегатов и систем АТС и СДМ[1, 11, 20].

Литература

1. Авдонькин, Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей. – М.: Транспорт, 1985. – 215 с.
2. Баженов С.П. Основы эксплуатации автомобилей и тракторов / С.П. Баженов, Б.Н. Кузьмин, С.В. Носов. – М.: Изд. центр «Академия», 2014. – 384 с.
3. Денисов, А. С. Основы формирования эксплуатационно-ремонтного цикла автомобилей. - Саратов: СГТУ, 1999. - 352 с.
4. Егоров, В.А. Прогнозирование затрат на кузовные работы / В.А.Егоров, А.А. Абакаров, С.В. Жанказиев //Грузовое и пассажирское автохозяйство. 2005, №5. – С.79-84.
5. Ишков, А.М. Математическая ритмология в работоспособности техники на Севере./А.М. Ишков – Якутск: Изд-во Якутский научный центр СО РАН ГУП «Полиграфист». 2000. – 320 с.
6. Кузнецов, Е. С. Управление технической эксплуатацией автомобилей. – М.: Транспорт, 1990. – 272 с.
7. Нефтегазовое строительство. Техническое обслуживание и ремонт машин: Справочник / Под ред. В.И.Бармина. – М.: Недра, 1992. – 320 с.
8. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта.- М.: Транспорт, 1986.-78 с.
9. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Под ред. В. М. Власова. – 5-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 480 с.
10. Хусейнова, О.Н. Затраты на обеспечение работоспособности современного грузового автомобиля на послегарантийном пробеге / О.Н. Хусейнова, В.А. Янчевский // Грузовик. 2013, №8. – С. 34-37.