

## МАШИНОВЕДЕНИЕ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 631.3.004.67

### ПЕРИОДИЧНОСТЬ И ОБЪЕМ РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

*д-р техн. наук, проф. В.П. ИВАНОВ*  
(Полоцкий государственный университет)

*Главная задача авторемонтного производства заключается в восстановлении надежности автомобилей при полном использовании остаточной долговечности деталей (К.Т. Кошкин).*

*Рассматривается проблема организации ремонта автомобильных агрегатов, его периодичность и объем. Предложен ремонтный цикл автомобильных агрегатов с ограничением числа трудоемких ремонтов с нанесением покрытий, обеспечивающий пропорциональность наработки восстановленных деталей межремонтному пробегу агрегата. Определен критерий технического уровня современного авторемонтного производства. Обосновано направление повышения долговечности трущихся поверхностей деталей при восстановлении.*

**Ключевые слова:** автомобильный агрегат, надежность, ремонтный цикл, организация ремонта.

**Состояние проблемы.** Долговечность автомобилей в последнее время существенно повысилась за счет применения новых материалов и более совершенного оборудования. При этом за место на рынке продукции и услуг вступили в конфликт финансовые интересы структур двух групп. Первая группа включает производство автомобилей и запасных частей, посредничество и обслуживающий бизнес. Вторая группа – сохранившаяся часть производства по специализированному ремонту и владельцы техники. В результате этого произошел развал ремонтного производства с исключением капитального ремонта полнокомплектных автомобилей из их жизненного цикла и сокращением объемов ремонта агрегатов на специализированных предприятиях.

Рекламная политика производителей автомобилей, требующая загрузки своего производства с получением максимального дохода и наибольшей прибыли, нацелена на то, чтобы по истечении установленного срока службы произведенный автомобиль был утилизирован или продан в «третьи» страны, а вместо него приобретен новый экземпляр. Только состоятельным владельцам позволительно сбывать автомобиль с незначительно израсходованным ресурсом и приобрести новую машину.

Потребность в ремонте автомобилей не уменьшилась, он лишь переместился со специализированных предприятий в мастерские и гаражи. Его объемы и затраты возросли. Например, только в Министерстве сельского хозяйства России годовые затраты на ремонт техники превысили 60 млрд руб. Ремонт автомобилей в условиях эксплуатационных предприятий и мастерских связан с заменой отказавших частей новыми изделиями, а ремонт агрегатов – с заменой изношенных деталей новыми запасными частями без восстановления геометрических параметров корпусных деталей, в которые устанавливают эти детали. В качестве запасных частей производителям техники выгодно поставлять дорогостоящие детали, изготовленные, как правило, с отступлением от требований технической документации, которые нежелательно использовать при сборке нового изделия. Такой ремонт выгоден лишь вновь образованным структурам бизнеса. Однако владельцы техники экономически заинтересованы в ремонте агрегатов с восстановлением деталей при полном использовании их остаточной долговечности.

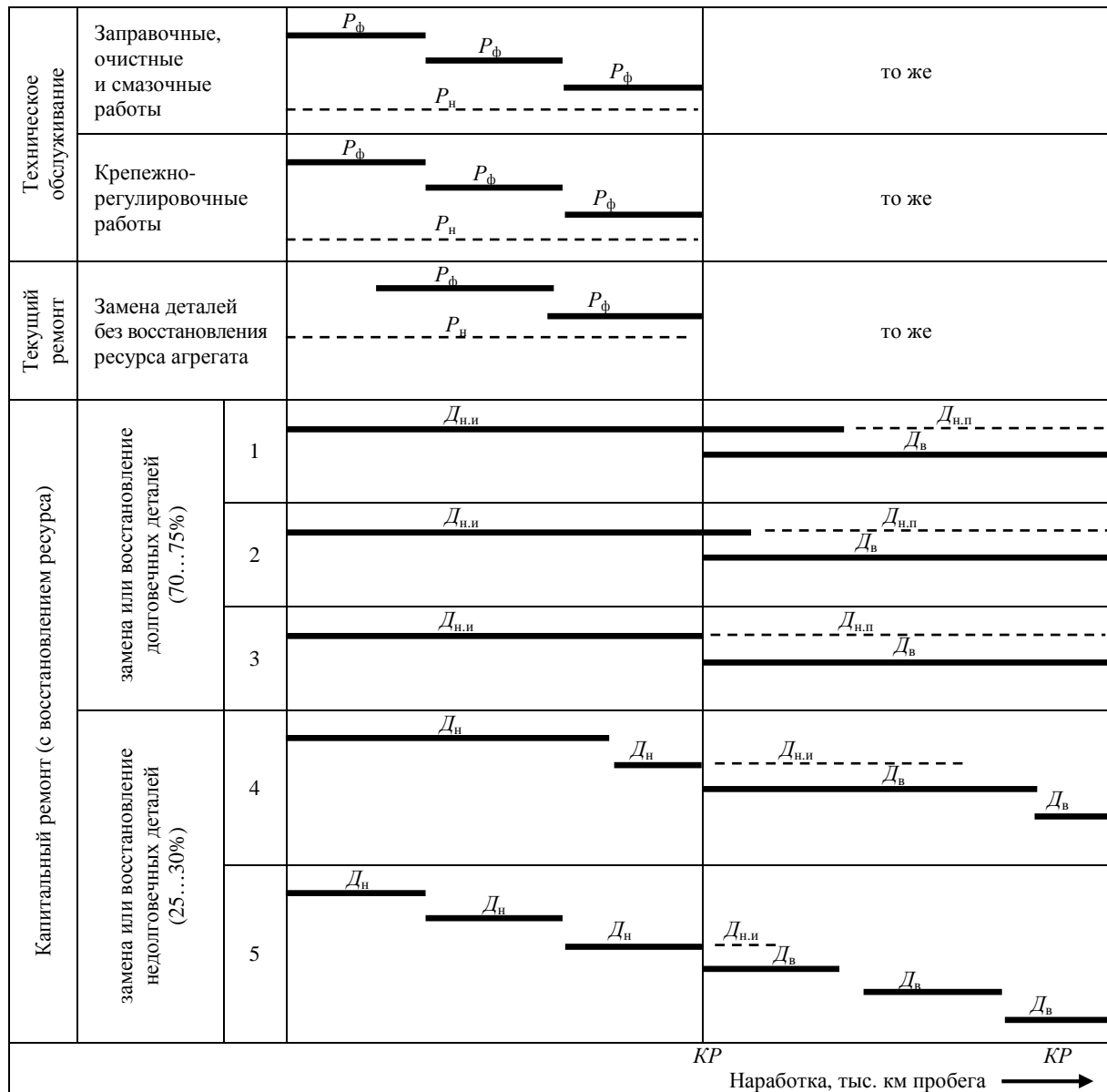
*Нет ничего дешевле полного использования остаточной долговечности деталей и нет ничего дороже пренебрежения этой возможностью.*

Таким образом, оптимальное решение, определяющее место, время, содержание и объем ремонтных работ в течение всего срока службы агрегатов, как стратегия ремонта частей автомобилей требует в настоящее время уточнения.

Цель работы – на примере самых сложных автомобильных агрегатов (двигателей) обосновать их ремонтный цикл, составляющий основу стратегии ремонта, и определить требования к техническому уровню авторемонтного производства.

**Основная часть.** *Нормативная надежность автомобиля* в течение его жизненного цикла обеспечивается ремонтными операциями, представленными на рисунке 1 [1]. Создатели автомобиля (конструкторы, технологи, производственники) закладывают в него эксплуатационные свойства, которые обеспечивают работоспособность в течение всего срока службы при условии использования по назначению с

выполнением необходимого объема работ по техническому обслуживанию и ремонту. Несмотря на стремление создать агрегаты из деталей, достигающих предельного состояния одновременно, это по ряду причин не удастся, в том числе вследствие использования техники в различных эксплуатационных условиях.



$P_{\phi}$  – фактическая работоспособность агрегата;  $P_{н}$  – нивелированная работоспособность агрегата ремонтными воздействиями во время его использования;  $D_{н.и}$  и  $D_{н.п}$  – долговечность новой детали, обусловленная износостойкостью и прочностью соответственно;  $D_{в}$  – долговечность восстановленной детали; КР – капитальный ремонт; 1–5 – группы деталей по долговечности

Рисунок 1 – Обоснование необходимости технического обслуживания, текущего и капитального ремонтов в системе содержания автомобилей в работоспособном состоянии [1]

*Техническое обслуживание и ремонтные мероприятия.* Техническое обслуживание продлевает время пребывания автомобиля в работоспособном состоянии за счет выполнения заправочных, очистных, смазочных и крепежно-регулирующих работ. Ремонтные работы предусматривают замену (восстановление) составных частей изделий с сопутствующими работами (очисткой, разборкой, определением технического состояния деталей и их восстановлением, сборкой, окрашиванием, обкаткой и испытаниями).

Если предельного состояния достигают одна или реже несколько неосновных деталей, необходим текущий ремонт, который не восстанавливает ресурс агрегата. Потребность в среднем ремонте, выполняемом в эксплуатационном предприятии и восстанавливающем ресурс агрегата частично, возникает тогда, когда ограниченная нормативными документами номенклатура деталей требует замены новыми

или восстановленными изделиями. Если предельного состояния достигли и основные (в том числе корпусные) детали, необходим капитальный ремонт агрегата, восстанавливающий его ресурс полностью в условиях специализированного ремонтного предприятия.

*Потребность, вид, объем и периодичность ремонта определяются количеством и видом деталей, достигших после определенной наработки предельного состояния или близкого к нему.*

*Технико-экономический критерий* выбора способа восстановления детали традиционно учитывает соотношение стоимости восстановленной детали, цены одноименной новой детали и их долговечности [2]:

$$C_b \leq k_d C_n, \quad (1)$$

где  $C_b$  – стоимость восстановленной детали;  $C_n$  – цена новой детали;  $k_d = D_b/D_n$  – коэффициент долговечности;  $D_b$  и  $D_n$  – долговечность восстановленной и новой детали соответственно.

Однако выражение (1) должно быть дополнено ограничением кратности наработки восстановленных деталей межремонтному пробегу агрегата за счет использования технических решений, уравнивающих наработку деталей повышением их износостойкости.

*Средние ресурсы деталей двигателей* в долях ресурса их базовых деталей (блоков цилиндров), определенные опытным путем, приведены в таблице 1. Большая долговечность базовых (корпусных) деталей, превышающая даже амортизационную наработку агрегата, обусловлена отсутствием в них трущихся элементов, большой статической прочностью и жесткостью. Долговечность трущихся деталей значительно ниже долговечности корпусных деталей, что обуславливает их замену при использовании агрегата. Ряд недолговечных деталей (вкладыши коленчатого вала, поршневые кольца, поршни, уплотнения и др.) требуют более частой замены. Эти сведения позволяют обосновать номенклатуру деталей, заменяемых при различной наработке двигателей, и определить вид ремонта. При текущем ремонте заменяют наиболее изнашиваемые детали. Средний ремонт предполагает замену деталей, ресурс которых составляет примерно половину от ресурса базовой детали.

**Таблица 1 – Относительные средние ресурсы деталей двигателей**

Названия деталей	Средние ресурсы в долях от ресурса базовой детали
Блок цилиндров	1,00
Шатун	1,00
Распределительный вал	0,84...1,00
Головка цилиндров	0,87...0,92
Поршневой палец	0,90...1,00
Гильза цилиндра	0,66...0,91
Коленчатый вал	0,62...0,69
Клапаны	0,61...0,92
Поршень	0,57...0,65
Вкладыши шатунные	0,44...0,52
Кольца маслосъемные	0,43...0,48
Кольца компрессионные	0,41...0,45
Вкладыши коренные	0,38...0,48

*Мероприятия по повышению послеремонтной наработки трущихся деталей.* Современное состояние науки и практики позволяет обеспечить приведенное выше ограничение. Действительно, нанесение покрытий при восстановлении трущихся поверхностей деталей с насыщением их материала необходимыми легирующими элементами подобно химико-термической обработке поверхностных слоев связано с образованием материала нового химического, структурного и фазового состава, отличного от материала основы. Насыщение поверхностных слоев, например, углеродом, азотом, бором или их сочетанием с последующими закалкой и отпуском приводят к образованию упрочняющей фазы [3]. Необходимо предварительно согласовать состав исходного материала покрытий с требуемым фазовым составом образуемого покрытия. Физико-техническая обработка в виде лазерной и электронно-лучевой обработки способствует формированию такого материала. Образуется гетерогенная структура материала (типа Г. Шарпи), состоящая из твердых зерен карбидов, нитридов или других соединений, равномерно распределенных в упругопластической стальной матрице, при этом поверхностные слои трущихся материалов должны обладать меньшей прочностью, чем нижележащие слои (правило положительного градиента), и не наклепываться при трении.

*Ремонтный цикл.* Исходя из рассмотрения соотношения стоимости ремонта и послеремонтной наработки агрегатов с использованием новых и восстановленных деталей предлагается ремонтный цикл в трех видах (рис. 2), составленный из фрагментов эксплуатационного цикла (без использования по назначению и без технического обслуживания). Этот цикл в зависимости от наработки включает ремонты различных категорий и отличается от базового наличием среднего ремонта с использованием заранее подготовленного ремонтного комплекта деталей. Если ремонтный цикл агрегатов охватывает несколько лет, в течение которых автомобили данной марки морально устаревают, из цикла исключают капитальный ремонт. Периодичность капитального и среднего ремонтов планируют, периодичность текущего ремонта планировать невозможно. Предложенный ремонтный цикл предполагает ограничение числа восстановлений деталей и, соответственно, трудоемких ремонтов. Восстановительное покрытие на отдельную поверхность наносят один раз.

1-й вид				
ВЭ	Т – Т – С – Т – Т	К	Т – Т – С – Т – Т	Ут
2-й вид				
ВЭ	Т – Т – С – Т – Т	Ут		
3-й вид				

**ВЭ – ввод в эксплуатацию;**  
**Т – текущий ремонт по результатам диагностирования при техническом обслуживании; С – средний ремонт;**  
**К – капитальный ремонт; Ут – утилизация**

**Рисунок 2 – Ремонтные циклы агрегатов машин**

Для среднего ремонта агрегатов, который следует вернуть в систему технического обслуживания и ремонта, предполагают использование специально подготовленного в условиях авторемонтного завода *ремонтного комплекта деталей* (табл. 2) с восстановлением параметров формы и расположения отверстий под подшипники, гильзы и стаканы в корпусных деталях (у блока цилиндров – коренных опор хонингованием без нанесения покрытий). Часть деталей комплекта составляют приобретенные запасные части, вторую его часть изготавливают на ремонтном предприятии, а оставшуюся часть – восстанавливают.

**Таблица 2 – Состав ремонтного комплекта деталей бензинового двухрядного восьмицилиндрового двигателя**

Деталь (количество в комплекте)	Источник комплектования
Гильза цилиндра (8)	Растачивание и хонингование под ремонтный размер. Изготовление из отливки обработкой резанием
Прокладка гильзы цилиндра (24)	Изготовление штамповкой
Прокладка крышки распределительных шестерен (1)	
Стопорное кольцо (16)	Приобретение
Прокладка головки цилиндров (1)	
Комплект поршневых колец (1)	
Комплект вкладышей шатуна (1)	
Комплект вкладышей коренных подшипников (1)	
Набивка сальника (2)	Шлифование юбки, восстановление канавок под кольца, развертывание отверстия под поршневой палец. Изготовление из отливки обработкой резанием с нанесением прирабочного покрытия
Поршень (8)	
Поршневой палец (8)	Хромирование или термопластическая раздача, шлифование
Шатун в сборе (8)	Железнение поверхности в нижней головке, хонингование, замена втулки верхней головки, растачивание
Коленчатый вал (1)	Шлифование и полирование шеек под ремонтные размеры. Напыление или наплавка шеек, их шлифование под номинальный размер и полирование
Выпускной клапан (8)	Железнение стержня, наплавка фаски, шлифование
Уплотнительная прокладка заднего сальника (2)	Изготовление вулканизацией в пресс-форме
Маслоотражательный колпачок впускного клапана (8)	
Уплотнительная прокладка клапанной крышки (1)	
Задняя прокладка впускной трубы (1)	
Боковая прокладка впускной трубы (2)	
Передняя прокладка впускной трубы (1)	

Практическое использование предложенного ремонтного цикла агрегатов позволяет более полно использовать остаточную долговечность деталей с достижением нормативной послеремонтной наработки при уменьшении стоимости ремонта.

*Технический уровень авторемонтного предприятия* характеризуют наработкой отремонтированных агрегатов. Изучение влияния основных структурных параметров агрегатов на их послеремонтную наработку позволяет выработать требования к техническому уровню авторемонтных предприятий и объективно определить остаточный ресурс этих агрегатов на различных стадиях использования. С этой целью в условиях ОАО «Полоцкий завод «Проммашремонт»» проведен трудоемкий промышленный эксперимент [4], в результате которого выявлено влияние точности основных геометрических параметров деталей и соединений на послеремонтную наработку двигателей. В процессе эксперимента выделены параметры, в наибольшей мере влияющие на послеремонтную наработку  $L$  двигателей: несоосность средней коренной опоры блока цилиндров относительно крайних ( $x_1$ , мм), несоосность средней коренной шейки коленчатого вала относительно крайних ( $x_2$ , мм), зазор в коренных ( $x_3$ , мм) и шатунных ( $x_4$ , мм) подшипниках коленчатого вала, зазор между гильзой и поршнем ( $x_5$ , мм), нецилиндричность трущейся поверхности гильзы цилиндра ( $x_6$ , мм), непараллельность осей отверстий шатуна ( $x_7$ , мм/100 мм), неперпендикулярность осей юбки поршня и отверстия под поршневой палец ( $x_8$ , мм/100 мм).

Работы выполнялись без вмешательства в технологические процессы и организацию восстановления деталей и сборки двигателей. Параметры  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_6$  и  $x_7$  измерялись на деталях. Остальные параметры в виде замыкающих размеров соединений рассчитывались после измерения соответствующих размеров деталей, входящих в соединения, при комплектовании двигателя деталями. Области определения параметров ограничены слева минимальными значениями, установленными нормативной документацией на восстановление деталей, а справа – максимальными значениями, выявленными при их измерениях.

Большой интерес для исследования представляли случаи, когда значения параметров-аргументов существенно превышали нормативные, например, при выпуске продукции по особым санкциям. Существенные отклонения параметров деталей от нормативных вызваны использованием запасных частей низкого качества, недостаточными возможностями металлорежущего оборудования и применением деталей ремонтного фонда, параметры которых согласно руководству по капитальному ремонту агрегатов уступают параметрам новых деталей.

Между указанными величинами установлена степенная зависимость:

$$L = 0,0052x_1^{-0,541}x_2^{-0,417}x_3^{-0,732}x_4^{-0,919}x_5^{-0,608}x_6^{-0,340}x_7^{-0,299}x_8^{-0,316}, \text{ тыс. км}, \quad (2)$$

адекватность которой экспериментальным данным подтверждена с помощью дисперсионного отношения Фишера.

Определим степень влияния  $k_i$  каждого отдельного структурного параметра ( $x_1, \dots, x_8$ ) на послеремонтную наработку агрегата как отношение максимального  $L_{\max}$  к минимальному  $L_{\min}$  значению наработки при изменении параметра в рассматриваемых пределах

$$k_i = \frac{L_{\max}}{L_{\min}}, \quad (3)$$

где  $i = 1, \dots, 8$  – номер структурного параметра.

При изменении параметров в пределах их шага варьирования (0,01 или 0,01 мм на 100 мм длины) степени влияния параметров образуют ряд:  $k_4 \rightarrow k_3 \rightarrow k_5 \rightarrow k_1 \rightarrow k_2 \rightarrow k_6 \rightarrow k_8 \rightarrow k_7$ , а при изменении их в пределах области определения ряд имеет следующий вид:  $k_5 \rightarrow k_4 \rightarrow k_1 \rightarrow k_3 \rightarrow k_7 \rightarrow k_8 \rightarrow k_2 \rightarrow k_6$ .

Послеремонтная наработка агрегатов изменяется до четырех раз при варьировании параметров в пределах их области определения. Если значения указанных параметров выдерживаются в нормативных пределах, разброс наработки сокращается в два-три раза, т.е. прогнозирование послеремонтной наработки становится более достоверным.

Наибольшее влияние на долговечность отремонтированных двигателей оказывают начальные зазоры в трущихся соединениях и наименьшее – параметры формы и расположения поверхностей. Наблюдается непрерывное уменьшение ресурса агрегатов при отклонении в худшую сторону параметров от их нормативных значений. Приводимые в ряде исследований утверждения о том, что существуют оптимальные значения структурных параметров, превышающие значения параметров, установленных заводами-изготовителями, оказались неправомерными.

Таким образом, геометрические параметры восстановленных деталей не должны уступать соответствующим параметрам новых деталей, установленным заводами-изготовителями. Технический уровень восстановительно-обрабатывающих участков авторемонтного производства, которые прошли реконструкцию или техническое перевооружение, должен обеспечить неукоснительное выполнение норма-

тивных значений геометрических параметров восстанавливаемых деталей в пределах требований завода-изготовителя. Ремонтное предприятие должно быть способно вместе с восстановлением деталей также изготавливать детали для поставки их в виде товарной продукции на автомобильные заводы или на рынок в виде запасных частей. Практика подтверждает, что ремонтные предприятия изготавливали для этих целей гильзы цилиндров, седла клапанов, поршни, коленчатые и распределительные валы, маховики, венцы маховиков и другие детали. Упрочнение трущихся поверхностей с нанесением приработочных покрытий обеспечивает наработку до предельного состояния, превышающую соответствующую наработку деталей, изготовленных на автомобильных заводах.

**Выводы.** Технический уровень авторемонтных предприятий может быть доведен до уровня машиностроения благодаря использованию современных средств и процессов ремонта из расчета обеспечения геометрических параметров восстановленных деталей, не уступающих соответствующим параметрам новых деталей. Долговечность трущихся поверхностей восстановленных деталей может быть существенно повышена износостойкими покрытиями или слоями соответствующего химического и фазового состава с термической обработкой, что обеспечивает кратность наработки восстановленных деталей межремонтному пробегу агрегата при полном использовании остаточной долговечности деталей.

Предложенная структура ремонтного цикла агрегатов с ограничением числа трудоемких ремонтов и нанесения покрытий требует возвращения среднего ремонта в систему технического обслуживания и ремонта с использованием комплекта деталей, подготовленного ремонтным предприятием.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Технология авторемонтного производства / А.И. Асриянц [и др.]; под ред. К.Т. Кошкина. – М.: Транспорт, 1969. – 568 с.
2. Шадричев, В.А. Основы технологии автостроения и ремонт автомобилей / В.А. Шадричев. – Л.: Машиностроение (Ленингр. отд-ние), 1976. – 560 с.
3. Школкин, Е.А. Повышение межремонтного ресурса чугунных коленчатых валов конструктивно-технологическими способами: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Е.А. Школкин; Мордовский гос. ун-т им. Н.П. Огарева. – Саранск, 2011. – 18 с.
4. Иванов, В.П. Влияние качества ремонта двигателей на их долговечность / В.П. Иванов, А.П. Кастрюк // Вестн. гос. техн. ун-та им. П.О. Сухого. – 2012. – № 3. – С. 30–34.

*Поступила 19.01.2016*

#### IMPROVING REPAIR STRATEGIES AUTOMOBILE UNITS

**V. IVANOV**

*The problem of automobile units repair, its frequency and volume is considered. Proposed maintenance cycle of automobile units with limited number of time-consuming repairs coated, ensuring the proportionality of use of recovered parts turnaround unit. It defines the criteria of the modern technical level automotive production. The directions of increase of durability of rubbing surfaces of renovation details.*

**Keywords:** *automobile units, reliability, repair cycle, repair engineering.*