

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

Е.К. Волкова,

доцент каф. корпоративных финансов БГУ, канд. экон. наук

В.Е. Тарасенко,

зав. каф. технологий и организации технического сервиса БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

К.В. Щурин,

профессор каф. механики материалов и деталей машин БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

В статье представлен подробный анализ внутренних показателей ремонтпригодности – эксплуатационной и ремонтной технологичности, их влияния на другие показатели надежности и в целом на экономическую эффективность мобильной машины в процессе эксплуатации. Показатели надежности и их комбинации тесно коррелированы, нормируются проектантами и заводами-изготовителями по принципу «необходимо и достаточно», и назначаются с использованием критериев оптимизации, основным из которых является экономическая эффективность. Предложенный метод технико-экономического анализа показателей надежности послужил основой для разработки предметно ориентированного программно-вычислительного комплекса, апробированного применительно к показателям надежности большегрузных тракторных прицепов.

Ключевые слова: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость, эксплуатационная технологичность, ремонтная технологичность, экономический эффект.

The article presents a detailed analysis of internal indicators of maintainability - operational and repair manufacturability, their impact on other reliability indicators and, in general, on the economic efficiency of a mobile machine during operation. Reliability indicators and their combinations are closely correlated, standardized by designers and manufacturers according to the principle of "necessary and sufficiently" and assigned using optimization criteria, the main of which is economic efficiency. The proposed method of technical and economic analysis of reliability indicators served as the basis for the development of a subject-oriented software and computing complex, tested in relation to the reliability indicators of heavy-duty tractor trailers.

Key words: failure-free operation, durability, maintainability, storability, operational manufacturability, repair manufacturability, economic effect.

Введение

В настоящее время со стороны стран «коллективного Запада» введены неправомерные экономические санкции в отношении ряда суверенных государств, реализующих независимую политику. Эти меры в основном направлены на подрыв ранее сформированных внешнеэкономических связей независимых стран, действующих в рамках системы международного разделения труда. В сложившейся ситуации для обеспечения экономической безопасности нашей страны необходимо некоторое корректирование государственной технической политики, направленной, прежде всего, на определение приоритетов при формировании показателей технического уровня мобильных машин (ММ) собственного производства. Среди них особое место занимает надежность – интегральный показатель, определяемый оптимальным сочетанием составляющих комплексных показателей

надежности (ПН), таких как безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость.

Надежность – это качество, распределенное во времени. Повышение ПН продукции машиностроения должно осуществляться с учетом экономической целесообразности, так как границы повышения ПН определяются не только совокупностью желаемых технических параметров, но и их экономической эффективностью. Это объясняется тем, что современный уровень развития техники и технологий позволяет достичь практически любых значений ПН, и все сводится только к финансовым затратам на достижение поставленной цели. Такие затраты могут быть столь высоки, что эффект от повышения надежности объекта не возместит их, и суммарный результат от проведенных мероприятий будет отрицательным [1-8].

Целью настоящей работы является разработка методики технико-экономического обоснования по-

казателей эксплуатационной надежности мобильных машин с учетом особенностей их эксплуатационной и ремонтной технологичности.

Основная часть

К основным факторам, влияющим на ПН, относятся следующие:

- характеризующие особенности конструкции ММ;
- характера и режимов эксплуатации, использования ММ по назначению;
- последствий отказа узлов и деталей ММ (характеризующиеся размером обобщенного ущерба);
- функциональной структуры (отражающие наличие в объекте различных видов избыточности – структурной, временной, информативной, энергетической);
- организации использования ММ по назначению (отражающие организационную и материальную структуру технической эксплуатации).

При использовании ММ по назначению к числу факторов, влияющих на ПН, добавляются климатические условия, интенсивность и культура эксплуатации [9].

Во многих случаях мероприятия по повышению надежности не требуют существенных затрат, а их реализация может достигаться, например, методами оптимизации [2; 10; 13-14]. Однако и в этом случае необходимо проводить сравнение различных вариантов достижения требуемого уровня надежности по условию получения наибольшего суммарного экономического эффекта (ЭЭ) с учетом затрат при производстве и эксплуатации ММ, а также положительного ЭЭ, полученного при ее использовании по назначению. В общем случае изменение во времени суммарного ЭЭ при эксплуатации ММ складывается под влиянием двух основных факторов [11].

Во-первых, необходимо учитывать затраты на изготовление новой ММ Q_n , включая ее проектирование, изготовление, испытание, отладку, транспортировку к месту работы и другие, а также затраты на эксплуатацию $Q_э$, включая обслуживание, ремонт, профилактические мероприятия. Эти затраты $Q_n + Q_э$ являются отрицательными в балансе эффективности. С другой стороны, главным показателем является работа ММ, которая в зависимости от ее целевого назначения дает положительный экономический эффект Q_p (прибыль).

Экономический показатель надежности $K_э$ определяется как отношение суммы всех затрат, связанных с изготовлением Q_n и эксплуатацией $Q_э$ ММ, к длительности ее эксплуатации $T_э$,

$$K_э = \frac{Q_n + Q_э}{T_э} \quad (1)$$

Следует стремиться к минимизации этого показателя за счет рационального распределения капиталовложений между сферами производства и эксплуатации.

Экономическая эффективность повышения надежности может рассчитываться как по ее комплексным составляющим – безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости, так и по обобщающим показателям – коэффициенту технической готовности и коэффициенту технического использования.

Повышение безотказности характеризуется увеличением наработки на отказ или вероятности безотказной работы, а также параметром потока отказов [2; 12-15]. При этом эксплуатационные издержки определяются или за год работы ММ в расчете на единицу выпущенной продукции (выполненной работы), или в расчете на единицу полезного эффекта, что предпочтительнее. Повышение безотказности приводит к увеличению времени эффективной работы ММ за счет уменьшения времени простоя в ходе ремонта, что равносильно повышению роста производительности ММ.

Основными показателями долговечности являются – ресурс и срок службы [2; 13-15]. Повышение долговечности равнозначно дополнительному выпуску ММ серийного и массового производства, поскольку ММ с увеличенным сроком службы ежегодно переносит на выпускаемую ею продукцию (выполненную работу) меньшую часть своей балансовой стоимости, уменьшая тем самым стоимость выпущенной продукции.

Ремонтопригодность ММ в современных реалиях является важнейшим показателем технического уровня, формирующим другие комплексные показатели надежности, прежде всего, безотказность и долговечность. Обобщающими составляющими ремонтпригодности являются – эксплуатационная и ремонтная технологичность.

Эксплуатационная технологичность характеризует приспособленность ММ к проведению всех видов технических обслуживаний и эксплуатационных (текущих) ремонтов и представляет собой отношение удельной трудоемкости технического обслуживания ($T_{то}$) ММ к номинальному значению ее основного параметра N :

$$R_{то} = \frac{T_{то}}{l_{то} \cdot N} \cdot 1000 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^s \left(\frac{T_{ij}^{yb}}{l_{ij}^{yb}} + \frac{T_{ij}^{cm}}{l_{ij}^{cm}} + \frac{T_{ij}^{kp}}{l_{ij}^{kp}} + \frac{T_{ij}^p}{l_{ij}^p} \right) \cdot \beta_{ij} \cdot \frac{1}{N} \cdot 1000, \quad (2)$$

где m – количество регламентных операций технических обслуживаний конкретного вида;

s – количество видов технических обслуживаний за эксплуатационный цикл;

$T_{ij}^{yb}, T_{ij}^{cm}, T_{ij}^{kp}, T_{ij}^p$ – средние трудоемкости выполнения i -й регламентной операции, соответственно, уборочных, смазочно-очистительных, крепежных и регулировочных работ j -го вида обслуживания, чел.-ч;

β_{ij} – коэффициент сложности конструкции при выполнении i -й регламентной операции j -го вида технического обслуживания;

N – основной параметр ММ;

l_{ij} – периодичность выполнения i -й операции j -го вида обслуживания.

Показатель эксплуатационной технологичности по текущему ремонту $R_{тр}$ представляет собой отношение удельной трудоемкости текущего ремонта ($T_{тр}$) к номинальному значению его основного параметра

$$R_{тр} = \frac{T_{тр}}{l_{тр} \cdot N} \cdot 1000 = \frac{\sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^c T_{ij}^{TR}}{l_i^{TR} \cdot N} \cdot 1000, \quad (3)$$

где T_{ij}^{TR} – средняя трудоемкость (основная и дополнителная) i -го текущего ремонта по j -му агрегату, узлу, детали, чел.-ч;

b – количество одноименных текущих ремонтов по j -му агрегату, узлу, детали;

c – количество агрегатов, узлов деталей, подвергшихся текущему ремонту за определенный период эксплуатации;

l_i^{TP} – средняя наработка агрегата, узла, детали за определенный период эксплуатации.

Уровень эксплуатационной технологичности по техническому обслуживанию $K_{УТО}$ позволяет произвести сравнительную оценку эксплуатационной технологичности ММ по отношению к существующим аналогам-образцам отечественного и зарубежного производства или к базовому показателю технологичности конструкции, принятому за исходный

$$K_{УТО} = \frac{R_{ТО}^{нов}}{R_{ТО}^{баз}}, \quad (4)$$

где $R_{ТО}^{нов}$ – показатель эксплуатационной технологичности по текущему обслуживанию новой конструкции изделия;

$R_{ТО}^{баз}$ – показатель эксплуатационной технологичности по текущему обслуживанию базовой конструкции изделия.

Ремонтная технологичность является свойством конструкции ММ и ее составных частей, которое характеризует приспособленность к ремонтным работам, осуществляемым с целью восстановления потенциала работоспособности для обеспечения нормированного ресурса при оптимальных затратах труда, материалов, времени и средств.

Для количественной оценки ремонтной технологичности узла применяют показатель $P_{РТ}^y$, учитывающий ремонтную технологичность входящих в него деталей и приспособленность к разборочно-сборочным работам [16]:

$$P_{РТ}^y = \frac{\sum_{i=1}^e T_i^{oc} K_{ki}^{oc}}{\sum_{i=1}^e T_i^{oc} K_{ki}^{oc} + \sum_{j=1}^f T_j^{bc} K_{kj}^{bc}} \cdot \frac{\sum_{q=1}^{n_q^y} P_{РТ}^D}{\sum_{q=1}^{n_q^y} S_q^D}, \quad (5)$$

где e – количество основных разборочно-сборочных операций;

f – количество вспомогательных разборочно-сборочных операций;

T_i – трудоемкость i -й основной разборочно-сборочной операции ремонта узла, чел.-ч;

T_j – трудоемкость j -й вспомогательной разборочно-сборочной операции ремонта узла, чел.-ч;

K_{ki} – коэффициент квалификации работ i -й основной операции ремонта узла;

K_{kj} – коэффициент квалификации работ j -й вспомогательной операции ремонта узла;

n_{Σ}^y – количество деталей, входящих в узел;

$P_{РТ}^D$ – показатель ремонтной технологичности q -й детали;

S_q^D – стоимость q -й детали.

Коэффициент экономической целесообразности ремонта детали определяется:

$$K_{\Theta} = \frac{C_{Д}^{и}}{C_{Д}^{и} + C_{Д}^{р}}, \quad (6)$$

где $C_{Д}^{и}$ – преискурная стоимость новой детали, руб.;

$C_{Д}^{р}$ – затраты на ремонт детали, руб.

Улучшение ремонтпригодности ММ формирует ЭЭ, аналогичный возникающему при росте показателей безотказности и долговечности. При одинаковых назначенных ПН эффективнее будет работа ММ с повышенной ремонтпригодностью.

Сохраняемость объектов характеризуется средним или установленным сроком сохраняемости и во многом определяется условиями транспортирования и хранения. Повышение показателей сохраняемости приводит к снижению (иногда значительному) сопутствующих затрат потребителя на монтаж, приведение ММ в работоспособное состояние.

Анализ ПН позволяет представить расчетную зависимость для определения годового ЭЭ в общем виде:

$$\Theta = \left[\begin{aligned} & (C_1 + E_H K_1) \frac{B_2}{B_1} \cdot \frac{P_1 + E_H}{P_2 + E_H} + \\ & + \frac{(I_1' - I_2') - E_H (K_2' - K_1')}{P_2 + E_H} - (C_2 + E_H K_2) \end{aligned} \right] A_2, \quad (7)$$

где C_1 – себестоимость единицы продукции до повышения надежности;

C_2 – себестоимость единицы продукции после повышения надежности;

$E_H = 0,15$ – нормативный коэффициент экономической эффективности;

K_1 – удельные капитальные вложения в производственные фонды до повышения ПН;

K_2 – удельные капитальные вложения в производственные фонды после повышения ПН;

B_1 – годовые объемы продукции (работы), производимой одной ММ до повышения надежности;

B_2 – годовые объемы продукции (работы), производимой одной ММ после повышения надежности;

I_1' – среднегодовые эксплуатационные издержки потребителя до повышения надежности в расчете на объем продукции (работы), производимой ММ с повышенной надежностью;

I_2' – среднегодовые эксплуатационные издержки потребителя после повышения надежности в расчете на объем продукции (работы), производимой ММ с повышенной надежностью;

K_1' – сопутствующие капитальные вложения потребителя (без учета стоимости оцениваемых ММ) до повышения надежности в расчете на объем продукции (работы), производимой ММ с повышенной надежностью;

K_2' – сопутствующие капитальные вложения потребителя (без учета стоимости оцениваемых ММ) после повышения надежности в расчете на объем продукции (работы), производимой ММ с повышенной надежностью;

P_1 – доля отчислений от балансовой стоимости на полное восстановление (реновацию) до повышения ПН;

P_2 – доля отчислений от балансовой стоимости на полное восстановление (реновацию) после повышения ПН;

A_2 – годовой объем производства ММ с повышенными ПН в расчетном году.

При повышении безотказности годовой ЭЭ равен

$$\Theta = \left[\begin{aligned} & (C_1 + E_H K_1) \frac{B_2}{B_1} + \\ & + \frac{(I_1' - I_2') - E_H (K_2' - K_1')}{P_2 + E_H} - (C_2 + E_H K_2) \end{aligned} \right] A_2. \quad (8)$$

Основные экономические преимущества повышения безотказности выразятся в увеличении коэффициента учета производительности B_2/B_1 в связи с уменьшением количества отказов, снижением годовых эксплуатационных издержек I_2 в расчете на ММ, более высокой производительности и экономии сопутствующих капитальных вложений ($K_2' - K_1'$) в связи с ростом производительности ММ.

Годовой ЭЭ от повышения долговечности рассчитывается по формуле:

$$\Theta = \left[\begin{aligned} & (C_1 + E_H K_1') \frac{P_1 + E_H}{P_2 + E_H} + \\ & + \frac{(I_1' - I_2') - E_H (K_2' - K_1')}{P_2 + E_H} - (C_2 + E_H K_2) \end{aligned} \right] A_2. \quad (9)$$

ЭЭ от повышения ремонтпригодности будет также определяться по формуле (9), а основные экономические последствия будут связаны с уменьшением длительности простоев в связи с уменьшением времени на поиск и устранение отказов.

Годовой ЭЭ от повышения сохраняемости выражается в сокращении затрат на монтаж, наладку, приведение ММ в работоспособное состояние и сокращение сроков освоения проектной мощности:

$$\Theta = \left[\begin{aligned} & (C_1 + E_H K_1) + \\ & + \frac{(I_1' - I_2') - E_H (K_2' - K_1')}{P_2 + E_H} - (C_2 + E_H K_2) \end{aligned} \right] A_2; \quad (10)$$

$$\Theta = B_2 \frac{\Delta t}{12} (\Psi - C) A_2, \quad (11)$$

где Δt – сокращение длительности освоения проектной мощности (месяцы);

Ψ – цена продукции (работы), произведенной ММ с повышенной надежностью;

C – себестоимость продукции, произведенной ММ с повышенной надежностью.

Кроме основного ЭЭ, определяемого по формулам (7) – (11), при повышении показателей надежности некоторых видов ММ возможно формирование дополнительного ЭЭ в сопряженных сферах. Его определяют по величине предотвращенного в результате повышения надежности ущерба исходя из технологических особенностей эксплуатации конкретных ММ. Продукцию тракторного и сельскохозяйственного машиностроения оценивают, прежде всего, по критериям повышения урожайности, уменьшения потерь сельскохозяйственной продукции и снижения экологического ущерба.

Сбор исходных данных для проведения расчета экономической эффективности осуществляется двумя основными методами: статистической обработки информации с использованием корреляционного анализа и методами прогнозирования [1; 5; 10]. Дополнительные текущие затраты на повышение надежности $c(f(n))$ могут определяться прямым счетом, если известны конкретные мероприятия по повышению ПН. В этом случае необходимо определить затраты на эти мероприятия

$$c_1(f(n)) = c_p + c_3 + c_c + c_b + c_m + c_{пр}, \quad (12)$$

где c_p – затраты на резервирование;

c_3 – затраты на замену узлов и деталей, часто выходящих из строя, на более совершенные по конструктивному исполнению, материалам, применяемой технологии изготовления и т. д.;

c_c – затраты на совершенствование методов контроля;

c_b – затраты на введение дополнительных контрольных операций;

c_m – затраты на совершенствование методов испытаний;

$c_{пр}$ – прочие затраты.

Повышение показателей безотказности и ремонтпригодности ММ позволяет увеличить время эффективной работы ММ за счет уменьшения количества отказов и сокращения времени на поиск и устранение отказов. В этом случае можно считать:

$$\Delta K = \sum_1^t K_i (1 + E)^{t-1}. \quad (13)$$

При этом коэффициент учета производительности

$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{T_\theta - K_{\text{отк}2} t_{Y2}}{T_\theta - K_{\text{отк}1} t_{Y1}}, \quad (14)$$

где T_θ – плановый годовой фонд времени работы ММ с учетом коэффициента сменности и времени простоя в плановых ремонтах и техническом обслуживании;

$K_{\text{отк}1}$ и $K_{\text{отк}2}$ – число внезапных отказов за год у ММ с исходной и повышенной безотказностью;

t_{Y1} и t_{Y2} – время устранения одного отказа у ММ с исходной и повышенной ремонтпригодностью.

Плановый годовой фонд времени работы ММ устанавливается исходя из средних условий эксплуатации.

Данные о количестве отказов и длительности их устранения принимаются как на основании величин, указанных в нормативно-технической документации, так и по данным испытаний (уточненный расчет).

Повышение долговечности характеризуется коэффициентом учета изменения срока службы $(P_1 + E_H) / (P_2 + E_H)$.

Доля отчислений от балансовой стоимости на полное восстановление (реновацию) определяется в зависимости от срока службы

$$P_i = \frac{1}{T_{\text{сп}}} \text{ или } P = \frac{E_H}{(1 + E_H)^{T_{\text{сп}} - 1}}, \quad (15)$$

где $T_{\text{сп}}$ – срок службы до списания с учетом морального износа.

Изменение сопутствующих капитальных вложений при эксплуатации определяется без учета изменения стоимости (цены) ММ с повышенными ПН в расчете на объем продукции (работы), производимой такой ММ. В тех случаях, когда сопутствующие капитальные вложения не изменяются, учитывается только изменение производительности ММ с повышенными ПН:

$$K'_2 = K'_1 \frac{B_1}{B_2}. \quad (16)$$

При этом

$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{T_2 - K_{\text{отк2}} t_{r2}}{T_1 - K_{\text{отк1}} t_{r1}}. \quad (17)$$

Величины единовременных и текущих затрат можно осуществлять прямым счетом или исходя из нормативов, разработанных на проведение этих мероприятий.

При замене одной сборочной единицы, детали или крепежа другими себестоимость вычисляется по формуле:

$$C_2 = C_1 - C_{3i} + C_{3i}, \quad (18)$$

где C_{3i} – стоимость исключаемой детали;

C_{3i} – стоимость детали, устанавливаемой взамен.

При использовании другого материала для детали, лимитирующей надежность, оценка себестоимости осуществляется по формуле:

$$C_2 = C_1 - N_3 \Pi_3 + N_B \Pi_B, \quad (19)$$

где N_3 и N_B – норма расхода исключаемого и вновь вводимого материала;

Π_3 и Π_B – цена исключаемого и вновь вводимого материала.

При введении дополнительных узлов и деталей (резервирование, блокировка, автоконтролирующие и саморегулирующие устройства и т. д.) себестоимость рассчитывается по формуле:

$$C_2 = C_1 + \sum_1^n C_{3i}, \quad (20)$$

где n – количество узлов и деталей.

Мероприятия, осуществляемые на стадии эксплуатации, связаны с изменением текущих затрат как в изготовлении, так и в эксплуатации.

Оптимизация системы технического обслуживания, ремонта и диагностирования связана с изменением текущих издержек.

При уменьшении периодичности и увеличении объемов технических обслуживаний и текущих ремонтов

$$I_2 = I_1 + \sum_1^n \left(\frac{\Gamma_{\phi}}{T''_{oi}} C''_{oi} - \frac{\Gamma_{\phi}}{T'_{oi}} C'_{oi} \right) - \left(\frac{\Gamma_{\phi}}{T''_{TP}} C''_{TP} - \frac{\Gamma_{\phi}}{T'_{TP}} C'_{TP} \right), \quad (21)$$

где Γ_{ϕ} – годовой фонд времени работы ММ;

T'_{oi} и T''_{oi} – периодичность технического обслуживания i -го вида до и после проведения работ по повышению ПН;

C'_{oi} и C''_{oi} – стоимость технического обслуживания i -го вида до и после проведения работ по повышению ПН;

T'_{TP} и T''_{TP} – периодичность проведения текущих ремонтов до и после проведения работ по повышению ПН;

C'_{TP} и C''_{TP} – стоимость текущего ремонта до и после проведения работ по повышению ПН.

Капитальные вложения в результате изменения номенклатуры и количества запасных частей:

$$K'_2 = K'_1 \pm \sum_1^k C_{3.чi} (\gamma_{1i} - \gamma_{2i}), \quad (22)$$

где $C_{3.чi}$ – стоимость запасных частей i -го вида;

γ_{1i} и γ_{2i} – норма расхода запасных частей i -го вида до и после изменения ПН;

k – количество видов запасных частей.

Заключение

Надежность сложных технических систем – интегральный многокритериальный показатель, и выборочное увеличение любого ПН чаще всего является тупиковым решением вследствие несоразмерного возрастания затрат на его обеспечение. Рациональной концепцией оптимизации ПН является соблюдение базового принципа оптимизации – «необходимо и достаточно».

Предложенная методика технико-экономического обоснования показателей эксплуатационной надежности является прямым следствием выполненных исследований, эффект от которых заключается в апробировании разработанной методики применительно к выбору рациональных показателей ремонтпригодности большегрузных тракторных прицепов.

Приведенные в настоящей работе методы определения рациональных значений ПН являются основой разрабатываемого авторами программно-вычислительного комплекса оптимизации ПН – одного из главных инструментов повышения технического уровня продукции машиностроения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шкарина, Т.Ю. Экономика качества: учеб. пособие / Т.Ю. Шкарина // Владивосток: ТГЭУ. – 2008. – 144 с.

2. Щурин, К.В. Надежность мобильных машин: учебник для вузов / К.В. Щурин, В.Е. Тарасенко. – СПб.: Лань, 2024. – 400 с.

3. Щурин, К.В. Формирование алгоритма нормирования показателей надежности технических систем / К.В. Щурин, В.Е. Тарасенко, В.Н. Еднач // Механика машин, механизмов и материалов. – 2024. – № 1 (66). – С. 15-23.

4. Панин, И.Г. Техничко-экономический анализ мероприятий по повышению надежности сложных систем / И.Г. Панин, Е.К. Волкова, К.В. Щурин // Информационно-технологический вестник. – 2017. – № 3. – С. 39-55.

5. Экономика качества: учебник / Е.В. Нежников [и др.] – 2-е изд. – М.: Дашков и К°, 2019. – 216 с.

6. Синельников, В.М. Экономика технического сервиса: учеб. пособие для вузов / В.М. Синельников. – Минск: БГАТУ, 2020. – 246 с.

7. Технический сервис машин и основы проектирования предприятий: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности: «Механизация сельского хозяйства» / М.И. Юдин [и др.]. – Краснодар: Кубанский гос. аграрный ун-т, 2007. – 968 с.

8. Организация технического сервиса машин и оборудования. Практикум: учеб. пособие для вузов / Ю.А. Кузнецов, И.Н. Кравченко, П.В. Сенин [и др.]. – СПб.: Лань, 2022. – 536 с.

9. Щурин, К.В. Корректирование периодичности операций технического сервиса мобильных машин с

учетом жесткости климата / К.В. Щурин, В.Е. Тарасенко // Механика машин, механизмов и материалов. – 2023. – № 2 (63). – С. 14-24.

10. Щурин, К.В. Планирование и организация эксперимента: учеб. пособие для вузов / К.В. Щурин, Е.К. Волкова. – СПб.: Лань, 2022. – 336 с.

11. Тарасенко, В.Е. Формирование номенклатуры и количества запасных частей при восстановлении работоспособности мобильных машин / В.Е. Тарасенко, К.В. Щурин // Агропанорама. – 2024. – № 5 (165). – С. 23-29.

12. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения: ГОСТ 18322–2016; введен 01.09.2017 г. – М.: Стандартинформ, 2017. – 15 с.

13. Журавлев, С.Ю. Основы надежности машин: учеб. пособие / С.Ю. Журавлев. – Красноярск, 2021. – 251 с.

14. Зубарев, Ю.М. Технологическое обеспечение надежности эксплуатации машин: учеб. пособие / Ю.М. Зубарев. – СПб.: Лань, 2018. – 320 с.

15. Шишмарев, В.Ю. Надежность технических систем: учебник для вузов / В.Ю. Шишмарев. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2024. – 289 с.

16. Щурин, К.В. Надежность мобильных машин / К.В. Щурин; Оренбургский государственный университет. – Оренбург: ОГУ, 2010. – 585 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 26.12.2024

При верстке журнала № 6/2024, с. 25 допущена ошибка.

Следует читать: (рис. 6)

Изготовитель	Компонент	Тип	Серийные номера				
Bosch	CR1	1 MV	1. 0490-2525				
Типовой номер	Обозначение						
0445120074	CRIN 2						
Тестплан	P, бар	t, мкс	U, В	n, 1/мин	Tбак, °С	Подача, см³	Обратка, см³
Leak test	1600	---	---	---	37,2°	---	0,0 - 70,0
		FM	Результат	---	Тобр, °С	Подача, см³	Обратка, см³
		1	✗		---	---	276,5
Тестплан	P, бар	t, мкс	U, В	n, 1/мин	Tбак, °С	Подача, см³	Обратка, см³
VL1	1600	1600	---	400	32,5°	178,5 - 198,9	5,0 - 80,0
		FM	Результат	---	Тобр, °С	Подача, см³	Обратка, см³
		1	✗		---	242,5	756,0
Тестплан	P, бар	t, мкс	U, В	n, 1/мин	Tбак, °С	Подача, см³	Обратка, см³
VL2	1200	2000	---	400	35,6°	185,8 - 206,6	---
		FM	Результат	---	Тобр, °С	Подача, см³	Обратка, см³
		1	✗		---	243,3	---
Тестплан	P, бар	t, мкс	U, В	n, 1/мин	Tбак, °С	Подача, см³	Обратка, см³
EM	700	400	---	1000	38,2°	1,3 - 11,5	---
		FM	Результат	---	Тобр, °С	Подача, см³	Обратка, см³
		1	✓		---	9,30	---
Тестплан	P, бар	t, мкс	U, В	n, 1/мин	Tбак, °С	Подача, см³	Обратка, см³
LL	400	400	---	1000	35,0°	0,4 - 6,0	---
		FM	Результат	---	Тобр, °С	Подача, см³	Обратка, см³
		1	✓		---	4,69	---

Рисунок 6. Результаты (тест-план) диагностирования форсунки на стенде