

УДК 629.3.016

## СЕРВИСНАЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ И КОМПОНОВКА ДОРОЖНЫХ МАШИН ПО МОДУЛЬНОМУ ПРИНЦИПУ

**И.Г. Кириченко, профессор, д.т.н., ХНАДУ,  
Н.С. Севрюгина, доцент, к.т.н., Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова, Россия**

***Аннотация.** Рассмотрены типовые методы конструирования дорожных машин. Дано обоснование компоновки дорожных машин по модульному принципу. Разработана математическая модель оценки ремонтного модуля по оптимальному уровню сложности. Предложен алгоритм формирования ремонтного модуля с оптимальным уровнем сопряженных элементов функционального взаимодействия.*

***Ключевые слова:** дорожные машины, функционирование, сервис, компоновка, модуль, элемент, оценка, показатель.*

## СЕРВІСНА ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ І КОМПОНУВАННЯ ДОРОЖНІХ МАШИН ЗА МОДУЛЬНИМ ПРИНЦИПОМ

**І.Г. Кириченко, професор, д.т.н., ХНАДУ, Н.С. Севрюгіна, доцент, к.т.н.,  
Белгородський державний технологічний університет імені В.Г. Шухова, Росія**

***Анотація.** Розглянуто типові методи конструювання дорожніх машин. Дано обґрунтування компоновання дорожніх машин за модульним принципом. Розроблено математичну модель оцінки ремонтного модуля за оптимальним рівнем складності. Запропоновано алгоритм формування ремонтного модуля з оптимальним рівнем сполучених елементів функціональної взаємодії.*

***Ключові слова:** дорожні машини, функціонування, сервіс, компоновання, модуль, елемент, оцінка, показник.*

## ADAPTABILITY TO SERVICE OF ROAD-BUILDING MACHINES IN MODULAR DESIGN

**I. Kirichenko, Professor, Doctor of Technical Science, KhNAHU,  
N. Sevryugina, Associate Professor, Candidate of Technical Science,  
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia**

***Abstract.** The classical methods of designing of road-building machines are considered. A justification of composition of road-building machines according to the modular principle is given. A mathematical model of assessment of the repair module according to the optimal level of complexity is developed. The algorithm of formation of a repair module with the optimal level of conjugate elements of functional interaction is offered.*

***Key words:** road-building machines, functioning, service, configuration, module, element, assessment, indicator.*

### Введение

Развитие сектора дорожного строительства требует все более разнообразных технических средств, конструкция которых должна

отвечать не только заданной функциональности и технологичности, но и быть экономически эффективной. Вопрос эффективного функционирования дорожных машин не ограничивается их функциональностью, а

требует обеспечения соответствующего показателя надежности. Для повышения срока использования дорожной техники производителем предусматривается система поддержания ее работоспособности через комплекс сервисных воздействий. В свою очередь, если производитель большое внимание уделяет конструкции машины, то вопрос сервисной технологичности остается открытым. Существующая система оказания сервисных услуг по техническому обслуживанию и ремонту машин недостаточно эффективна, зачастую влечет за собой большие трудовые и производственные потери. Поиск новых путей снижения простоя и уменьшения трудоемкости работ при сервисных воздействиях для дорожных машин остается актуальным.

### Анализ публикаций

Конструктивно строительные и дорожные машины проектируются с присущей им целевой функцией, реализуемой на различных стадиях их жизненного цикла. В свою очередь, основной стадией жизненного цикла любой машины является стадия эксплуатации, в период которой реализуется заложенная производителем функция и поддерживается работоспособность машины.

Принципиально машина может рассматриваться с двух точек зрения [1, 2]:

- объект реализации производителя;
- объект потребности эксплуатанта.

Рассмотрим более подробно обе точки зрения.

Вопрос технического совершенства машины для реализации ее целевой функции решается производителем через комплексные исследования функциональных показателей уже выпускаемых ими машин, введение в конструкцию современных технологий и прочих инноваций. Проводимый анализ существующих технических решений строительных и дорожных машин показывает на все более растущее количество модификаций, многие производители идут по пути унификации выпускаемых моделей, а большинство при изготовлении машины используют систему заимствования разработок, что переводит изготовителя машины на уровень сборочного предприятия с минимальным наличием систем оригинального производства [2–4].

Как бы производитель не стремился усовершенствовать машину, вопрос ее реализации и востребованности упирается в экономическую состоятельность потенциального потребителя, т.е. эксплуатанта. Если цели и задачи производителя формализуются достаточно просто, то для эксплуатанта это сделать значительно сложнее. Предпочтение в модели машины и ее функциональности эксплуатант рассматривает опять-таки с двух точек зрения [2]:

- функциональность, производительность и экономическая эффективность, реализуемая при эксплуатации машин;
- надежность машины на определенном временном периоде.

Научные исследования, обосновывающие целесообразность использования в том или ином технологическом процессе дорожной машины, проводимые ведущими учеными отрасли в различные годы, позволяют оптимизировать показатели производительности и экономичности, что довольно широко используется эксплуатантами. Исследования в области надежности машины на определенном временном периоде переросли в отдельное научное направление, получили ответвления и до сих пор не потеряли актуальности. Но, в то же время, область сервисной технологичности дорожных машин недостаточно научно проработана.

### Цель и постановка задачи

Целью работы является обоснование компоновки дорожных машин по модульному принципу для улучшения их сервисной технологичности.

### Принципы сервисной технологичности и компоновки машин

В данной работе авторы дают обоснование повышения значимости сервисной технологичности конструктивных элементов и систем машины при их проектировании. Классическая модель машины представляется как иерархическая структура: конструкции; функционального взаимодействия; параметрической взаимосвязи.

Поскольку производитель обязуется обеспечить работоспособность машины через систему технических воздействий, то остановимся на данном факте более подробно. С

экономической точки зрения, любой простой машины считается экономически убыточным, даже если это проводится с благой целью – провести очередное обслуживание или ремонтное воздействие предупредительного характера.

В то же время в экономические расчеты входит показатель издержек на простой машины при ТО и ремонте, затраты на материалы, комплектующие и запасные части. Какой же видится путь решения вопроса поддержания работоспособности машины без несения затрат на ее непроизводительные простои?

В предлагаемом подходе модульного проектирования выделено три направления:

- синтез технологических систем и машинокомплексов;
- формирование технических систем из модульных блоков и агрегатов;
- формирование модульных блоков и агрегатов из унифицированных узлов и деталей.

Морфологическое описание технической системы представляется модулями различных уровней, аналогичными принятой форме построения иерархической структуры [1].

В обоих случаях за базовые принимаются аспекты информативности, функциональности системы в рамках выполнения заданных технологических процессов, или формирование комплексов производственного характера. Следует отметить, что обе методики в качестве частных целевых функций принимают гарантированный предел надежности, параметры качества системы в целом, которые, в свою очередь, требуют рассмотрения дополнительного аспекта – технического сервиса.

Данное представление позволяет интерпретировать математическую модель морфологической структуры технологической системы [2] с учетом ее сервисной технологичности

$$(\forall k^n \in Z) \left[ \begin{array}{c} n_i \\ Y \alpha^{n_i} \\ k^{n_i} \quad \forall \alpha \in B \end{array} \right]. \quad (1)$$

Формирование функциональной машины по модульному принципу подчинено закону комбинаторики, который позволяет опреде-

лить число всевозможных комбинаций из элементов данного конечного множества.

Конечность множества элементов, формирующих модуль, зависит от сложности рассматриваемой конструкции, что, в свою очередь, позволяет учесть уровень функционального совершенства. Применение данного подхода представляется возможным при оценке сервисной технологичности модуля. Классическая система оценки эффективности модуля предполагает его работоспособность, выражаемую через показатель безотказной работы или сложности устранения отказа, трудоемкость работ, время устранения отказа, стоимость замены элементов, не подлежащих восстановлению и пр.

Идеализированная форма модульного проектирования предполагает замену вышедшего модуля, не выполняя его элементной разборки, что требует совместимости по параметрам крепления и функциональной связанности заменяемого модуля. Соответственно необходимо установить, до какого уровня сложности возможна модульная заменяемость в сложно структурированной системе, т.е. установить возможное число всех сочетаний из  $n$  элементов по  $k$  комбинациям, обеспечивающих эффективность системы на наиболее высоком уровне.

Биномиальные коэффициенты

$$C_n^k = \binom{n}{k} \quad (2)$$

определим при помощи треугольника Паскаля для системы, состоящей из 10 элементов с произвольной комбинаторикой сочетаний (рис. 1).

При варьировании уровней модульного проектирования каждая строка представляется совокупностью предыдущих уровней как единого модуля, что отражено в диаграмме полиномиальной линии тренда и уравнении, степенная зависимость которого исчисляется количеством уровней в модуле, с величиной аппроксимации, близкой к 1.

Предлагается алгоритм конструирования машины по принципу функциональных модулей с оптимизированным показателем сервисной технологичности их элементов (рис. 2).

