



## ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕРНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

**В. О. Пенчук<sup>1</sup>, А. К. Кралін<sup>2</sup>, А. В. Діденко**

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,  
2, вул. Державіна, м. Макіївка, Донецька область, Україна, 86123.*

*E-mail: <sup>1</sup>penshyk@rambler.ru, <sup>2</sup>ak.kralin@gmail.com*

*Отримана 02 грудня 2015; прийнята 25 грудня 2015.*

**Анотація.** У статті розглянуто взаємозв'язок будівельного об'єкта з будівельною технікою, яка виконує різні технологічні операції при досить різноманітних обсягах виробництва робіт. Надана детальна схема процесу реалізації робочих функцій будівельної машини з урахуванням її життєвого циклу і різноманітності технологічних процесів, а також взаємодії в штучному процесі перетворення середовища «людина – машина – оточення». Розглядається багатовимірний простір, в якому відбувається експлуатація будівельної машини, що обладнана основними робочими органами, призначеними для «середніх» умов середовища взаємодії, які часто не збігаються з реальними умовами. Враховуються вартісні характеристики робочих органів різних типів будівельної техніки та необхідність в їх широкій номенклатурі.

**Ключові слова:** будівельний об'єкт, технологія виробництва, ефективність, функціональна модернізація, будівельна машина, експлуатація, функціональне призначення, середовище, життєвий цикл, технологічні операції, змінний робочий орган.

## ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**В. А. Пенчук<sup>1</sup>, А. К. Кралін<sup>2</sup>, А. В. Діденко**

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,  
2, ул. Державина, г. Макеевка, Донецкая область, Украина, 86123.*

*E-mail: <sup>1</sup>penshyk@rambler.ru, <sup>2</sup>ak.kralin@gmail.com*

*Получена 02 декабря 2015; принята 25 декабря 2015.*

**Аннотация.** В статье рассмотрена взаимосвязь строительного объекта со строительной техникой, выполняемой различные технологические операции при весьма разнообразных объемах производства работ. Представлена подробная схема процесса реализации рабочих функции строительной машины с учетом ее жизненного цикла и многообразия технологических процессов, а также взаимодействия в искусственном процессе преобразования среды «человек – машина – окружение». Рассматривается многомерное пространство, в котором происходит эксплуатация строительной машины, оборудованной основными рабочими органами, предназначенными для «средних» условий среды взаимодействия, которые часто не совпадают с реальными условиями. Учитываются стоимостные характеристики рабочих органов различных типов строительной техники и необходимость в их широкой номенклатуре.

**Ключевые слова:** строительный объект, технология производства, эффективность, функциональная модернизация, строительная машина, эксплуатация, функциональное назначение, среда окружение, жизненный цикл, технологические операции, сменный рабочий орган.

## FUNCTIONAL REMODELING OF CONSTRUCTION MACHINES UNDER OPERATION CONDITIONS

Valentine Penchuk <sup>1</sup>, Andrey Kralin <sup>2</sup>, Andrey Didenko

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,

2, Derzhavina Str., Makiyivka, Donetsk Region, Ukraine, 86123.

E-mail: <sup>1</sup> penshyk@rambler.ru, <sup>2</sup> ak.kralin@gmail.com

Received 02 December 2015; accepted 25 December 2015.

**Abstract.** The article examined the relationship building project with a construction technique, performs various processing operations in a wide variety of production volumes of work. It presents a detailed diagram of the implementation process of working construction machine functions in view of its life cycle and diversity of processes, as well as interaction in the process of converting an artificial environment «person – machine – environment». We consider a multi-dimensional space, in which the operation of construction machines equipped with the basic working bodies for the «average» conditions environment interaction, which often do not coincide with the actual conditions. The cost of operating characteristics of various types of construction machinery and the need for their wide nomenclature are taking into account.

**Keywords:** construction site, production technology, efficiency, functional upgrades, construction machine, operation, functionality, environment, life cycle, technological operations, shift actuator.

### Формулировка проблемы

Строительные объекты весьма разнообразны как по объемам производства работ, так и по технологии их выполнения. Каждая технология производства строительных работ реализуется посредством определенного комплекта строительной техники с соответствующими рабочими органами. Повышение эффективности выполнения строительных работ и снижение их стоимости всегда было и будет оставаться актуальным.

### Анализ последних исследований и публикаций

Основам совершенствования технологии и механизации строительных работ посвятили свои работы выдающие ученые, такие как С. Е. Канторер [2], В. М. Рогожкин [7], Ю. А. Ветров [1]. Конкретные вопросы повышения эффективности использования строительной техники отражены в работах Е. М. Кудрявцева [3], Л. А. Хмары [8], В. А. Пенчука [5].

### Цели

Целью данной работы является методология функциональной модернизации строительных машин в условиях эксплуатации.

### Основной материал

Строительная машина создается с определенным функциональным назначением, суть которого – изменение состояния или преобразование параметров некоторой среды взаимодействия. В искусственном процессе преобразования среды следует выделить три активных участка: человек-оператор – строительная машин – реальная среда окружения (рис. 1).

С точки зрения учения о переходах и преобразованиях строительной машиной как некоторым оператором  $R$ , она обеспечивает преобразование операторов  $x_1; x_2 \dots x_n$  в образы  $y_1; y_2 \dots y_n$ .

$$R: \downarrow \begin{pmatrix} x_1; x_2 \dots x_n \\ y_1; y_2 \dots y_n \end{pmatrix}. \quad (1)$$

При проектировании, а затем создании строительной машины принимаются некоторые расчетные значения операторов  $x_i^p$ , которые обеспечивают расчетные значения образов  $y_i^p$ . Реальный жизненный цикл строительной машины составляет 8...15 лет, за этот период она эксплуатируется в вероятностных условиях на различных строительных объектах. Многомерное пространство, в котором происходит эксплуатация

строительной машины, можно представить следующим образом (рис. 2).

На представленной схеме (рис. 2) показано, что в вероятностных условиях эксплуатации строительных машин возможны объекты с разными объемами работ  $V$ , которые расположены на различных расстояниях друг от друга  $L$ .

Необходимо отметить, что любой объем строительных работ состоит из весьма разнообраз-

ных технологических операций, которые реализуются той или иной машиной или группой машин. Таким образом, весь комплект строительных машин можно представить в виде матрицы определенного типа (рис. 3).

Исходя из многообразия технологических процессов на некотором  $V_i$  строительном объекте можно отметить, что для их реализации возможны следующие строительные машины (рис. 4):

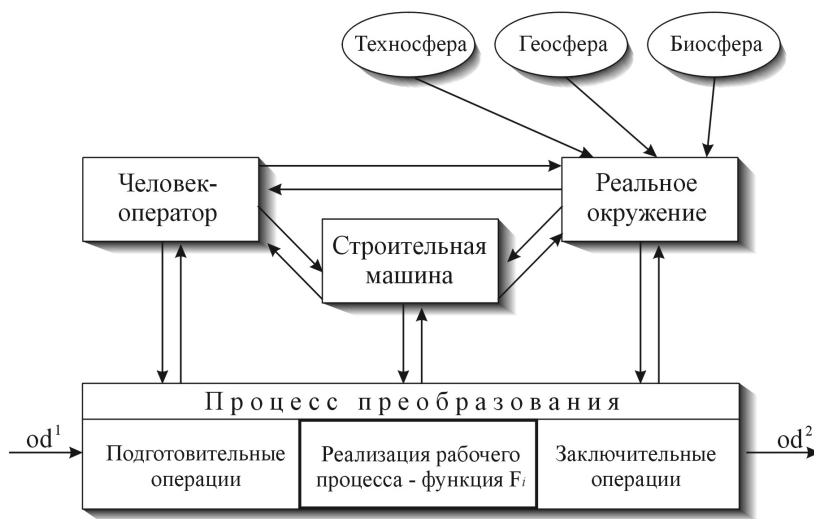


Рисунок 1. Процесс реализации рабочей функции строительной машиной.

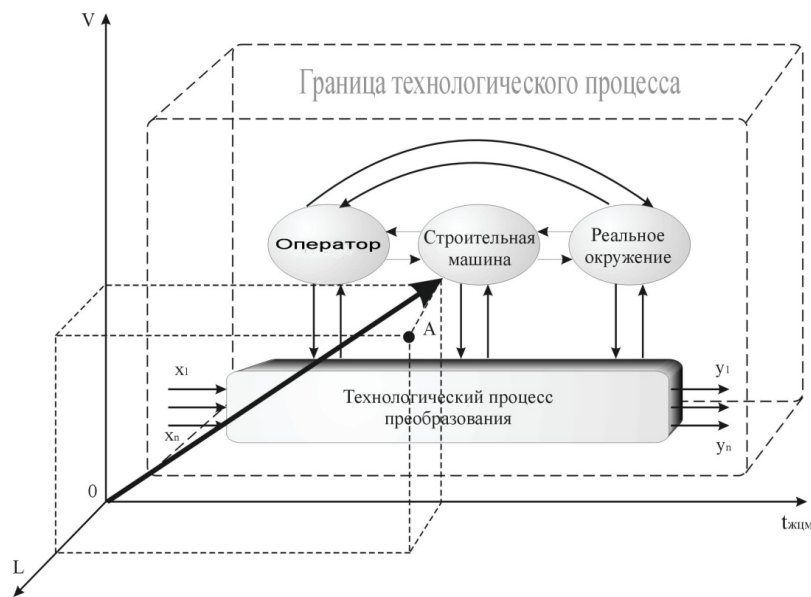


Рисунок 2. Модель  $i$ -го технологического процесса строительной машины в трехмерном пространстве.

	Тип выполняемой функции	Главный параметр	Типоразмерный ряд	Производительность машин
$\sum_{i=1}^n F_i$	$M$	$q_M$	$q_{M_1}; q_{M_2} \dots q_{M_n}$	$\Pi_{M_1} < \Pi_{M_2} \dots < \Pi_{M_n}$
	$P$	$q_P$	$q_{P_1}; q_{P_2} \dots q_{P_n}$	$\Pi_{P_1} < \Pi_{P_2} \dots < \Pi_{P_n}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	$K$	$q_K$	$q_{K_1}; q_{K_2} \dots q_{K_n}$	$\Pi_{K_1} < \Pi_{K_2} \dots < \Pi_{K_n}$

Рисунок 3. Матрица функций строительных машин.

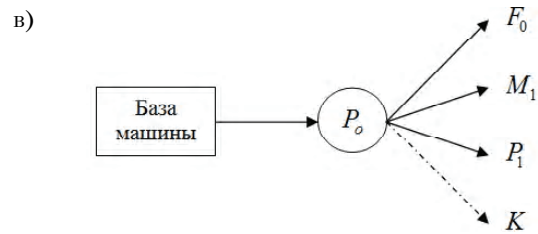
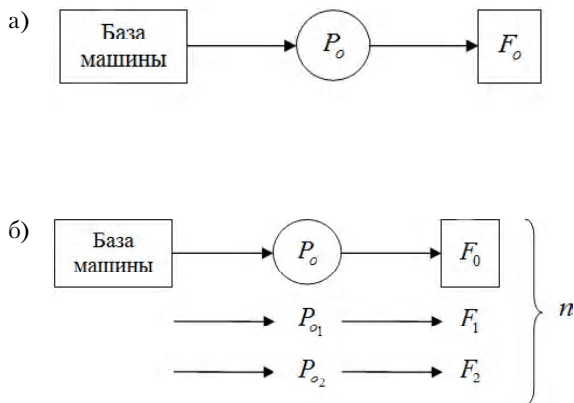


Рисунок 4. Схемы рабочих органов строительных машин: а) однофункциональная машина; б) многофункциональная машина с  $n$ -комплексом сменных рабочих органов; в) машина с многофункциональным рабочим органом.

– с одной рабочей функцией  $F_o$ ;

– с основной рабочей функцией  $F_o$  и некоторым набором дополнительных функций  $F_o$ , реализуемых некоторым комплектом  $n$ -сменных рабочих органов;

– многофункциональным рабочим органом  $\sum_{i=1}^n F_i$ .

Для многих строительных машин масса и стоимость рабочего органа составляют всего 5...7 % от массы и стоимости всей машины. Для заводов-изготовителей экономически выгодно иметь широкую номенклатуру рабочих органов, которые расширяют полезность машины, следовательно, ее покупательную привлекательность. Поэтому ведущие фирмы предлагают к реализации до 40 видов сменных рабочих органов для гидравлических экскаваторов, до 35 видов для погрузчиков и до 5 видов для тракторов [6].

Логика оснащения базовых машин разнообразными рабочими органами заключается в следующем. При проектировании машины за базовый вариант принимается наиболее часто ис-

пользуемое рабочее оборудование, например для экскаваторов – обратная лопата; для стреловых кранов – основная стрела; для погрузчиков – основной ковш.

При этом проектирование базовой машины с основным рабочим органом проводится для некоторых «средних» условий среды взаимодействия.

В реальных условиях эксплуатации часть «средних» условий среды взаимодействия часто не совпадает с реальными. Возможны следующие события вероятностного процесса эксплуатации машин: операторы  $x_i > x_p$  – недостаток заданной функции машины  $F_o$ ;  $x_i < x_p$  – избыток заданной функции машины  $F_o$ .

Для эффективной эксплуатации машины необходимо выполнить модернизацию соответствующего рабочего органа. Критерием выбора того или иного сменного или многофункционального рабочего органа может быть только доход от применения машины:

$$D_i(t) = \sum_{i=1}^n P_{F_i} \cdot \gamma_{F_i} \rightarrow \max, \quad (2)$$

где  $P_{F_i}$  – производительность строительной машины с  $F_i$ -функцией;

$\gamma_{F_i}$  – договорной коэффициент по  $F_i$ -функции машины.

Модернизация машины в условиях эксплуатации может производиться путем оперативной замены рабочих органов, расширяющих область выполнения основной функции  $F_o$ , или дополнительных функций.

### Литература

1. Машины для земляных работ [Текст] : Учебник для вузов / Под общ. ред. Ю. А. Ветрова. – К. : Вища школа, 1976. – 368 с.
2. Канторер, С. Е. Методы обоснования эффективности применения машин в строительстве [Текст] / С. Е. Канторер. – 2-е изд., перераб. и дополненное. – М. : Стройиздат, 1969. – 293 с.
3. Кудрявцев, Е. М. Комплексная механизация, автоматизация и механовооруженность строительства [Текст] : Учеб. для ВУЗов / Е. М. Кудрявцев. – М. : Стройиздат, 1989. – 246 с.
4. Назаренко, А. А. Основы модернизации строительных машин [Текст] / А. А. Назаренко, Л. А. Хмара, В. А. Пенчук. – К. : МП Леся, 2003. – 164 с.
5. Пенчук, В. А. Мобильность и эффективность эксплуатации машин [Текст] / В. А. Пенчук // Механизация строительства. 2001. № 4. С. 17–18.
6. Эффективная эксплуатация строительных машин в условиях Донбасса [Текст] : справочное пособие / Под общей редакцией В. А. Пенчука. – Донецк : Ноулидж, Донецкое отделение, 2012. – 786 с. – ISBN 978-61-579-431-9.
7. Рогожкин, В. М. Оптимизация стратегии эксплуатации машин на основе комплексных динамических моделей с локальным и совокупным оптимумом : дис. ... доктора тех. наук : 05.20.03 / Рогожкин Василий Михайлович. – Волгоград, 1992. – 300 с.
8. Хмара, Л. А. Интенсификация рабочих процессов машин для земляных работ [Текст] / Л. А. Хмара. – Днепропетровск : ДИСИ, 1989. – 329 с.

### Выводы

1. В зависимости от объемов работ, дальности расположения строительных объектов модернизация строительных машин может производиться путем оперативной замены рабочих органов, расширяющих область применения основной функции  $F_o$ , или введением дополнительных новых функций  $M, P, K$ .
2. В каждом конкретном случае необходимо провести расчет экономической эффективности с учетом затрат на доставку и монтаж нового оборудования.

### References

1. Vetrov, Yu. A. (Ed.) Earth-moving machines: college-level textbook. Kyiv: High School, 1976. 368 p. (in Russian)
2. Kantorer, S. E. Methods of ground of efficiency of machine application in the construction industry. 2nd edition, revised and enlarged. Moscow: Stroizdat, 1969. 293 p. (in Russian)
3. Kudriavtsev, E. M. Integrated mechanization, automatization and mechano-equipment of civil engineering: college-level textbook. Moscow: Stroizdat, 1989. 246 p. (in Russian)
4. Nazarenko, A. A.; Hmara, L. A.; V. A. Penchuk, V. A. Foundations of remodeling of construction machines. Kyiv: MP Lesya, 2003. 164 p. (in Russian)
5. Penchuk, V. A. Locomotiveness and operation efficiency of machines. In: *Powering of civil engineering*, 2001, No. 4, pp. 17–18. (in Russian)
6. Penchuk, V. A. Efficient operation of construction machines under the conditions of Donbas. Resource book. Donetsk: Noulidzh, Donetsk branch, 2012. 786 p. ISBN 978-61-579-431-9 (in Russian)
7. Rogozhkin, V. M. Optimization of performance strategy of machines based on complex and dynamic models, having local and joint optimum: D.Sc. in Engineering thesis research: 05.20.03. Volgograd, 1992. 300 p. (in Russian)
8. Hmara, L. A. Stimulation of work process of earth-moving machines. Dnepropetrovsk: DISI, 1989. 329 p. (in Russian)

**Пенчук Валентин Олексійович** – доктор технічних наук, професор кафедри підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх машин та обладнання Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Академік академії ПТМ України. Наукові інтереси: наукові основи модернізації будівельних машин.

**Кралін Андрій Костянтинович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх машин та обладнання Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: основи модернізації, проектування, розрахунків та технічна діагностика будівельних машин.

**Діденко Андрій Володимирович** – інженер Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: механізація будівельних робіт.

**Пенчук Валентин Алексеевич** – доктор технических наук, профессор кафедры подъемно-транспортных, строительных, дорожных, машин и оборудования Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Академик академии ПТМ Украины. Научные интересы: научные основы модернизации строительных машин.

**Кралин Андрей Константинович** – кандидат технических наук, доцент кафедры подъемно-транспортных, строительных, дорожных, машин и оборудования Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: основы модернизации, проектирование, расчет и техническая диагностика строительных машин.

**Диденко Андрей Владимирович** – инженер Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: механизация строительных работ.

**Penchuk Valentine** – DSc (Engineering), Professor; Hoisting Transport, Building, Road Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Academician of academy LTM Ukraine. Scientific interests: scientific bases of modernization of building machines.

**Kralin Andrey** – PhD (Engineering), Associate Professor; Hoisting Transport, Building, Road Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: basis of modernization, designing, calculation and engineering diagnostics of building machines.

**Didenko Andrey** – engineer of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: mechanization of construction works.