

УДК 621.87:681.5

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОСТОВЫХ КРАНОВ

Н.С. Галдин, О.В. Абдулаева, С.В. Ерёмкина
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. Техничко-экономическое обоснование новой техники осуществляется путем сравнения ее показателей и характеристик с аналогичными достижениями в мировой и отечественной практике. Важное значение для повышения эффективности работы мостового крана имеет совершенствование существующих механизмов кранов, внедрение новых, более прогрессивных конструктивных решений. Приведены формулы для определения затрат на проектирование новой техники, себестоимости, годовой производительности новой (модернизируемой) машины.

Ключевые слова: эффективность, проектирование, мостовой кран, механизмы, устройства, затраты, себестоимость.

Введение

На всех стадиях проектирования новой техники, мостовых кранов в частности, проводится технико-экономическое обоснование новой техники, то есть анализ её научно-технического и технико-экономического уровня, новизны и патентоспособности разработки, определения эффективности и областей эффективного применения.

Определение затрат на проектирование новой техники

Оценка научно-технического уровня новой техники осуществляется путем сравнения ее показателей и характеристик с аналогичными достижениями в мировой и отечественной практике. Для этой цели весьма важен выбор образцов-аналогов данного изделия, в сравнении с которыми осуществляется оценка научно-технического уровня. Они должны отражать новейшие достижения в конкретной области техники, прогрессивные тенденции ее развития [1,2,3]. Но зачастую новые разработки находятся еще на стадии освоения и недоступны для других разработчиков. Информация же о поступившей на рынок новой технике носит рекламный характер.

Для объективного анализа научно-технического уровня необходимо использовать прогнозы развития отраслей-потребителей, отдельных направлений техники, экспериментальные данные о действительном уровне конкурирующих разработок.

Мостовой кран является динамической системой, которая представляет собой совокупность различных подсистем, состояние которых изменяется во времени под воздействием различных возмущений. Важное значение для повышения эффективности работы механизмов кранов имеет совершенствование существующих устройств (электродвига-

теля, редуктора, тормоза и др.), внедрение новых, более прогрессивных конструктивных решений, использование различных видов приводов (в том числе и гидравлического), улучшение технических характеристик устройств механизмов [4-6].

При проектировании механизмов мостовых кранов широко применяют такие разработанные унифицированные конструктивные устройства, как электродвигатели, редукторы, тормоза, ходовые колеса, крюковые подвески и другие, позволяющие создавать из этих комплектующих устройств механизмы с требуемыми характеристиками.

При проектировании, выборе конструктивно-компоновочной схемы мостового крана, его механизмов передвижения и подъема груза широко используются унифицированные комплектующие устройства, изделия и агрегаты, обладающие взаимозаменяемостью. Унификация комплектующих конструктивных устройств механизмов передвижения и подъема груза сокращает сроки и стоимость проектирования, изготовления крана, упрощает обслуживание и ремонт.

Государственным стандартом устанавливаются следующие стадии разработки новой техники [7]: техническое задание; техническое предложение; эскизное проектирование; техническое проектирование; разработка рабочей документации опытного образца.

Существует несколько методик определения затрат на проектирование новой техники [1,2,3]. Укрупненно затраты на проектирование новой техники (мостового крана в частности) можно рассчитать по формуле [2]:

$$Z_{np} = T_1 + T_2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m N_{ij} \cdot T_{ij} \cdot \gamma, \quad (1)$$

где $Z_{пр}$ – затраты на проектирование новой техники; T_1 – затраты на разработку технического задания; T_2 – затраты на разработку технического предложения; T_{ij} – нормированная трудоёмкость j – го вида работ при разработке проектно-конструкторской документации, приходящейся на i -ое наименование деталей (узлов), входящих в проектируемое устройство (кран); N_{ij} – количество листов чертежей (текстовой документации, схем) определенного формата i – ой детали при j – ом виде работ; $j = 1...m$ – виды проектно-конструкторских, расчетных работ при разработке документации на новую технику; $i=1...n$ – количество деталей; γ – средняя стоимость трудоёмкости проектно-конструкторских, расчетных работ.

Трудозатраты на разработку технического задания, технического предложения, эскизного, технического проектов, рабочей документации мостового крана зависят от конструктивной сложности и новизны проектируемого мостового крана. Цель технико-экономических обоснований при проектировании новой техники (мостового крана) – выбор наиболее эффективного варианта новой конструкции. На стадии конструирования новой техники определяется ряд экономических показателей, в первую очередь таких, как себестоимость и цена новой (модернизируемой) машины. В процессе разработки новой конструкции осуществляется оптимизация основных технико-экономических показателей, в том числе надежности, долговечности, производительности машины, габаритов и массы новой техники, удельных расходов энергоресурсов и т.п. Именно они служат в дальнейшем базой для расчета экономического эффекта и эффективности новой техники.

Для сопоставления вариантов конструкторских решений новой техники на стадиях НИР, опытно-конструкторских работ применяется метод сравнительной эффективности, в котором оценка осуществляется по разности текущих и разности капитальных затрат [1]. Сравнимые варианты новой и базисной техники (мостового крана) должны быть приведены в сопоставимый вид по области применения новой техники; объему производства работ, производимых с применением новой техники; качественным параметрам мостового крана, включая мощность, длину пролета крана, высоту подъема груза и т. п.; уровню применяемых цен.

В качестве основного метода оценки лучшего варианта из ряда проектных решений

экономическая наука предлагает оценку по минимуму приведенных затрат.

Величину приведенных затрат Z_i по i -му варианту определяют по формуле [2]:

$$Z_i = C_i + E_n K_i, \quad (2)$$

где C_i – себестоимость изготовления крана по i -му варианту, руб.; K_i – капитальные вложения по i -му варианту, руб.; E_n – нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений, $E_n = 0,15$ для строительно-дорожных машин.

В нашей стране до 1991 года понятие “инвестиций” не использовалось, а применялся термин “капитальные вложения”. Капитальные вложения представляют собой денежное выражение инвестиций.

Эффективный вариант конструкции мостового крана определяется по минимальному уровню приведенных затрат, т.е. из выражения [2]:

$$(C_i + E_n K_i)_{min} < (C_i + E_n K_i)_{1,2,...,n}, \quad (3)$$

где $(C_i + E_n K_i)_{min}$ – минимальный уровень приведенных затрат, оценивающих данное техническое решение.

Разность приведенных затрат для базисной (БТ) и i -го варианта новой техники (НТ) характеризует величину годового экономического эффекта и определяется выражением [1]:

$$\mathcal{E} = Z_{БТ} - Z_{НТi}, \quad (4)$$

где \mathcal{E} – годовой экономический эффект на одну машину новой техники, руб.; $Z_{БТ}$ – годовые приведенные затраты БТ, руб.; $Z_{НТi}$ – годовые приведенные затраты i -го варианта НТ, руб.

Или, с учетом годовой эксплуатационной производительности годовой экономический эффект определяется по формуле [1]:

$$\mathcal{E} = \Pi_{Г}(Z_{удБТ} - Z_{удНТ}), \quad (5)$$

где $\Pi_{Г}$ – годовая эксплуатационная производительность мостового крана (т); $Z_{удБТ}$, $Z_{удНТ}$ – удельные приведенные затраты для БТ и НТ.

Обоснованный анализ эффективности и технического уровня конкретного проектируемого мостового крана не может быть осуществлен без установления взаимосвязи параметров проектируемого крана с показателями эффективности его функционирования [4-6].

Эту взаимосвязь устанавливает экономико-математическая модель, включающая ма-

тематическую модель рабочего процесса и экономическую часть, определяющую критерий эффективности.

При формировании показателя эффективности необходимо учитывать, что этот показатель должен обеспечивать выявление влияния на эффективность машины всего многообразия определяющих факторов, проектных параметров и условий эксплуатации, а также получение обоснованных рекомендаций для выбора оптимальных проектных параметров машины, совокупность которых определяет ее технико-экономическую эффективность.

Оценка эффективности машин производится при помощи критерия оптимальности. Наиболее общим и полным критерием эффективности для данного класса машин является критерий удельных приведенных затрат $Z_{y\partial}$ [1].

Целевая функция в этом случае имеет вид:

$$Z_{y\partial} = Z/P_{\Gamma} \rightarrow \min, \quad (6)$$

где Z – годовые приведенные затраты, руб.; P_{Γ} – годовая эксплуатационная производительность мостового крана (т).

Годовая эксплуатационная производительность мостового крана определяется по формуле [8,9]:

$$P_{\Gamma} = \Pi \cdot T_{\phi}, \quad (7)$$

где Π – суточная производительность мостового крана, т/сутки; T_{ϕ} – годовая фактическая загрузка мостового крана, сут.

Суточная (т/сут) производительность мостовых кранов определяется по формуле [8,9]:

$$\Pi = Q_{cp} n_u m / 1000, \quad (8)$$

где Π – суточная производительность мостового крана, т/сут; Q_{cp} – средняя масса

транспортируемого груза, кг; n_u – число подъемов, необходимых для выполнения транспортных операций, в смену; m – число рабочих смен.

Многообразие существующих конструктивных устройств механизмов передвижения и подъема груза вместе с накопленным опытом их применения позволяет выявить определенные закономерности и новые тенденции в методах и средствах их проектирования и выработать объективные рекомендации для выбора конструктивных параметров комплектующих устройств механизмов передвижения

и подъема груза, являющихся основой мостовых кранов [4-6].

Одним из основных параметров комплектующих конструктивных устройств механизмов передвижения и подъема груза является их масса. Масса комплектующих устройств учитывается при оценке технико-экономических показателей, выборе критериев оптимальности мостового крана [4].

Проведенный анализ статистических данных по комплектующим устройствам механизмов передвижения и подъема груза позволил выявить функциональные зависимости между следующими параметрами [6]:

Зависимость массы электродвигателей серий МТФ, МТН, МТКФ, МТКН от мощности электродвигателей выражается формулой [6]:

$$m_{\partial\partial} = 15,981N_{\partial\partial} - 2,3527, \quad (9)$$

где $m_{\partial\partial}$ – масса электродвигателя, кг; $N_{\partial\partial}$ – мощность электродвигателя, кВт, $N_{\partial\partial} \in (1,4; 100)$.

Уравнение регрессии зависимости массы редуктора от мощности редуктора (редукторы типа Ц2, ПВ 40%) [6]:

$$m_{pe\partial} = -0,0109N_{pe\partial}^2 + 4,9356N_{pe\partial} - 40,353, \quad (10)$$

где $m_{pe\partial}$ – масса редуктора, кг; $N_{pe\partial}$ – мощность редуктора, кВт; $N_{pe\partial} \in (25; 194)$.

На основании статистического анализа технических данных мостовых кранов установлены функциональные зависимости между их основными массо-габаритными характеристиками и получено уравнение регрессии в натуральных значениях факторов для определения массы крана [6]:

$$m_k = 2549,475 + 0,358Q + 555,083L + 0,0333QL, \quad (11)$$

где m_k – масса мостового крана, кг; Q – грузоподъемность крана, кг; L – длина пролета крана, м.

Зная массу мостового крана или его механизмов, себестоимость их изготовления на начальных этапах проектирования ориентировочно можно определять по формуле [1,2]:

$$C = m \cdot k_m, \quad (12)$$

где C – себестоимость изготовления устройства (крана, механизма крана), руб.; m – масса устройства, кг; k_m – удельный показатель стоимости устройства, руб/кг.

Пользуясь формулами (9) – (12), можно ориентировочно определить себестоимость изготовления проектируемого мостового крана и его основных устройств. Расчет годового экономического эффекта от применения новой техники (мостового крана) производится в следующем порядке [1,2,3]: определяется назначение и область применения мостового крана; определяется базисное техническое решение (БТ); собираются и систематизируются исходные данные, необходимые для выполнения расчета (данные по удельным показателям стоимости мостового крана и его устройств k_m и другие); определяется годовая эксплуатационная производительность для БТ и НТ; рассчитываются капитальные затраты; рассчитывается себестоимость изготовления НТ (текущие затраты и другие).

Выбор БТ зависит от назначения НТ, области ее применения, условий ее использования. Источниками информации при расчете экономического эффекта являются различные нормативные, методические и другие документы (нормы расхода материалов, карты технологических процессов, нормы обслуживания, нормы времени на разработку конструкторской документации, хронометражные данные, инструкции и пр.).

При определении капитальных вложений учитываются затраты, связанные с приобретением техники и доставкой ее потребителю. На практике нередко возникают трудности в расчетах экономического эффекта, что связано с ориентировочным характером некоторых исходных данных по БТ и НТ, поскольку некоторые параметры создаваемой техники еще неизвестны, кроме того возможны их изменения в будущем, что приведет к корректировке экономического эффекта [1].

Выводы

Цель технико-экономических обоснований при проектировании новой техники (мостового крана) – выбор наиболее эффективного варианта новой конструкции. Трудозатраты на разработку технического задания, технического предложения, эскизного, технического проектов, рабочей документации мостового крана зависят от конструктивной сложности и новизны проектируемого устройства. В качестве основного метода оценки лучшего варианта из ряда проектных решений предлагается оценка по минимуму приведенных затрат.

Библиографический список

1. Киевский, В.Г. Экономическая эффективность новой техники в строительстве / В.Г. Киевский. – М.: Стройиздат, 1991. – 143 с.

2. Расчёты экономической эффективности новой техники: Справочник/ Под общ. ред. К.М. Великанова. – Л.: Машиностроение, 1990. – 448 с.

3. Экономика и организация производства в дипломных проектах: Учеб. пособие для машиностроительных вузов /Под общ. ред. К.М. Великанова. – Л.: Машиностроение, 1986. – 285с.

4. Галдин, Н.С. Критерии эффективности основных механизмов мостовых кранов / Н.С. Галдин, С.В. Ерёмкина, О.В. Курбацкая // Вестник СибАДИ. – Омск: СибАДИ, 2014. – № 1 (35). – С. 7 – 11.

5. Галдин, Н.С. Особенности проектирования основных механизмов мостовых кранов / Н.С. Галдин, С.В. Ерёмкина, О.В. Курбацкая // Вестник СибАДИ. – Омск: СибАДИ, 2012. – № 5 (27). – С. 21 – 25.

6. Галдин Н.С. Компьютерное моделирование основных механизмов мостовых кранов / Н.С. Галдин, О.В. Курбацкая С.В. Ерёмкина // Вестник СибАДИ. – Омск: СибАДИ, 2015. – № 2 (42). – С. 68 – 75.

7. Курсовое проектирование грузоподъемных машин / С.А. Казак, В.Е. Дусье, Е.С.Кузнецов и др.: Под ред. С.А. Казака. – М.: Высш. школа, 1989. – 319 с.

8. Абрамович, И.И. Грузоподъемные краны промышленных предприятий: Справочник / И.И. Абрамович, В.Н. Березин, А.Г. Яуре. – М.: Машиностроение, 1989. – 360 с.

9. Ремизович, Ю.В. Транспортно-технологические машины / Ю.В. Ремизович. – Омск: СибАДИ, 2011. – 160 с.

THE TECHNICAL- ECONOMIC REPORT ON DESIGNING OF BRIDGE CRANES

N.S. Galdin, O.V. Abdulaeva, S.V. Eremina

Abstract. The technical- economic report on new technics is carried out by comparison of its indicators and characteristics with similar achievements in world and domestic practice. The great value for increase of overall performance of the bridge crane has perfection of existing mechanisms of cranes, introduction of new, more progressive constructive decisions. Formulas for definition of expenses for designing of new technics, the cost price, annual production rate of the new (modernised) machines are resulted.

Keywords: efficiency, designing, the bridge crane, mechanisms, devices, expenses, the cost price.

References

1. Kievskij V.G. *Jekonomicheskaja jeffektiv-nost' novoj tehniki v stroitel'stve* [Ekonomiceskaja effektivnost of the new technics in building]. Moscow, Strojizdat, 1991. 143 p.

2. *Raschjoty jekonomicheskoy jeffektivnosti no-voj tehniki: Spravochnik* [Calculations of economic efficiency of new technics: the Directory]. Pod obshh. red. K.M. Veliikanova. L.: Mashinostroenie, 1990. 448 p.

3. *Jekonomika i organizacija proizvodstva v diplomnyh proektah: Ucheb. posobie dlja mashinostroitel'nyh vuzov* [Economy and the manufacture organisation in degree projects: The educational book for machine-building high school]. Pod obshh. red. K.M. Veliikanova. L.: Mashinostroenie, 1986. 285 p.

4. Galdin N.S., Erjomina S.V., Kurbackaja O.V. Kriterii jeffektivnosti osnovnyh mehanizmov mostovyh kranov [Criteria of efficiency of the basic mechanisms of bridge cranes]. *Vestnik SibADI*, 2014, no 1 (35). pp. 7 – 11.

5. Galdin N.S., Erjomina S.V., Kurbackaja O.V. Osobennosti proektirovaniya osnovnyh mehanizmov mostovyh kranov [Design features of the basic mechanisms of bridge cranes]. *Vestnik SibADI*, 2012, no 5 (27). pp. 21 – 25.

6. Galdin N.S., Kurbackaja O.V., Erjomina S.V. Komp'yuternoe modelirovanie osnovnyh mehanizmov mostovyh kranov [Computer modelling of the basic mechanisms of bridge cranes]. *Vestnik SibADI*, 2015, no 2 (42). pp. 68 – 75.

7. *Kursovoe proektirovanie gruzopod'emnyh mashin* [Course design of load-lifting cars]. Moscow, Vyssh. shkola, 1989. 319 p.

8. Abramovich I.I., Berezin V.N., Jaure A.G. *Gruzopod'emnye krany promyshlennyh predpriyatij: Spravochnik* [Load-lifting cranes of the industrial enterprises: the Directory]. Moscow, Mashinostroenie, 1989. 360 p.

9. Remizovich, Ju.V. *Transportno-tehnologicheskie mashiny* [Transport technological machines]. Omsk: SibADI, 2011. 160 p.

Галдин Николай Семенович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод» ФГБОУ ВПО «СибАДИ»

(644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: galdin_ns@sibadi.org).

Абдулаева Ольга Владимировна (Россия, г. Омск) – инженер кафедры «Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Ерёмина Светлана Владимировна (Россия, г. Омск) – инженер кафедры «Компьютерные информационные автоматизированные системы» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Galdin Nikolay Semenovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor, head of the department "Lifting, carrying and tractive machines and hydraulic circuit" of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080 Russia, Omsk, 5 Mira st., e-mail: galdin_ns@sibadi.org).

Abdulaeva Olga Vladimirovna (Russian Federation, Omsk) – engineer of the department "Lifting, carrying and tractive machines and hydraulic circuit" of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, 5 Mira st.).

Eryomina Svetlana Vladimirovna (Russian Federation, Omsk) – engineer of the department «Computer information automated systems» of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, 5 Mira st.).

УДК 621.879.48

ОЦЕНКА ОТКЛОНЕНИЯ ДНА ТРАНШЕИ ОТ ПЛОСКОСТИ ПРИ КОПАНИИ РОТОРНЫМИ ЭКСКАВАТОРАМИ

А.И. Демиденко, А.З. Аглиуллин, А.Б. Летопольский, Д.С. Семкин
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. Предложены уравнения, описывающие поверхность дна траншеи при копании роторными экскаваторами. Показано, что поверхность дна траншеи для имеющихся роторных экскаваторов практически не отличаются от плоскости. Представлено уравнение, связывающее меру максимального отклонения поверхности дна траншеи от плоскости с конструктивными и технологическими параметрами роторного экскаватора. Показано, что предложенное уравнение не имеет аналитического решения, но после соответствующих преобразований приводится к номографируемой форме. Приводятся уравнения шкал номограммы.

Ключевые слова: дно траншеи, параметры роторного экскаватора, номограмма, уравнения.

Введение

До сих пор отсутствует четкая методика оценки отклонения дна траншеи от плоскости при копании роторными экскаваторами. Не исследовано влияние конструктивных и технологических параметров роторных экскаваторов на степень неровности дна траншеи. Параметры роторного экскаватора должны быть таковыми, чтобы степень неровности дна траншеи было минимальной.

Номограмма взаимосвязи неровности дна траншеи с параметрами роторного экскаватора

Если соединить режущие кромки ковшей с центром вращения ротора, то траектории режущих кромок двух соседних ковшей в системе безразмерных координат, принятых на рисунке 1, можно описать уравнениями [1], [2]:

$$x_1 = \cos \varphi_1 - k \cdot \varphi_1; \quad (1)$$