
Экономические науки

Economic sciences

УДК 338.2

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАТРАТ В СТАНКОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В.Г. Абрамян

Ериванский государственный университет

Развитие станкостроительного производства является главным фактором повышения эффективности и конкурентоспособности промышленного производства, так как производимые в нем оборудования формируют материально-техническую базу промышленных предприятий. Для повышения эффективности и конкурентоспособности станкостроительного производства необходимо сократить уровень производственных затрат. Решению этого вопроса посвящено данное исследование. Разработана экономико-математическая модель оптимизации производственных затрат на основе сокращения материальных, трудовых и энергетических затрат, которые составляют значительную часть.

Ключевые слова: станкостроение, материалоемкость, трудоемкость, энергоёмкость, производственные затраты, экономико-математическая модель.

Для обеспечения эффективного и динамического развития экономика страны должна иметь соответствующую структуру. В этой структуре экономики промышленная отрасль, являясь основным источником формирования материально-технической базы в других отраслях экономики, должна иметь свое соответствующее место. Взаимосвязанное и координированное выполнение процессов стратегического развития экономики позволяет формировать в стране соответствующую экономическую структуру, которая обеспечивает сбалансированное развитие всех отраслей экономики и способствует успешному решению социально-экономических проблем страны.

Развитие промышленности необходимо обеспечить путем быстрого и опережающего развития машиностроения и, в первую очередь, станкостроения (многономенклатурного машинострои-

тельного производства), так как данная отрасль формирует основные средства промышленных предприятий и создает необходимый машинный парк для осуществления производственно-технологических процессов.

Для решения этих проблем необходимо обеспечить эффективное и конкурентоспособное развитие машиностроительного производства (в первую очередь – станкостроительного производства). С этой целью в производственных организациях необходимо систематизировать и эффективно реализовать все взаимосвязанные процессы, которые выполняются в логистической цепи «НИОКР – снабжение – производство – реализация». Для обоснованного позиционирования на рынке, оперативного реагирования на рыночные изменения, и с целью повышения конкурентоспособности, производственная организация, ис-

пользуя инструментарий маркетингового подразделения логистической службы, непрерывно изучает динамически происходящие изменения на рынке, на основе чего формируется необходимая информационная база для разработки инновационных программ и внедрения в производство новой продукции в рамках подготовки экономически обоснованного предложения.

Результаты проведенного исследования показывают, что в станкостроительном производстве технологическая трудоемкость составляет около 60-65% полной трудоемкости. От величины технологической трудоемкости зависят величины остальных затрат, входящих в состав производственных затрат. Поэтому необходимо в первую очередь точно определить величину технологической трудоемкости, так как она является одним из основных факторов для повышения уровня производительности труда и эффективности производства.

Показатели материалоемкости, трудоемкости и энергоемкости, которые определяют уровень эффективности производства, взаимосвязаны, так как уровень технологической трудоемкости зависит от уровня материалоемкости производства, а энергоемкость производства, в свою очередь, зависит от уровня трудоемкости производства. Поэтому для сокращения уровня производственных затрат и повышения эффективности производства необходимо использовать такие производственно-технологические процессы, которые позволяют сократить расходы материальных, трудовых и энергетических ресурсов.

Результаты проведенного исследования показывают, что в станкостроительном производстве производственные затраты в основном обусловлены затратами материальных, трудовых и энергетических ресурсов, которые осуществляются на заготовительной и обрабатывающей стадиях производства, так как на

сборочной стадии производства эти затраты существенным образом не меняются, в зависимости от применяемых технологических процессов. Технологическая трудоемкость на этих двух стадиях производства составляет около 80% от общей технологической трудоемкости производства готовой продукции. На этих стадиях производства величина технологической трудоемкости прямым образом зависит от уровня материалоемкости производства. Рассматриваемые стадии производства являются также энергоемкими, так как основную часть машинного парка производственной организации используют при выполнении производственно-технологических процессов на этих стадиях производства.

Величина технологической трудоемкости на обрабатывающей стадии производства зависит от степени прогрессивности применяемых технологических процессов на заготовительной стадии производства.

Применение прогрессивных технологических процессов позволяет повысить точность производимых на заготовительной стадии производства заготовок, в результате чего форма и размеры заготовок приближаются к форме и размерам готовых деталей, что позволяет минимизировать массу снимаемого отхода. Эффективное решение данной проблемы позволяет сократить уровень материалоемкости и трудоемкости производства, что в свою очередь способствует сокращению уровня энергетических затрат.

Анализ показывает, что уровень трудоемкости прямым образом зависит от уровня материалоемкости производства, а уровень материалоемкости зависит от точности используемых заготовок. Данное утверждение можно обосновать с помощью видоизменения известной формулы определения трудоемкости на обрабатывающей стадии производства, в

результате чего данная формула приобретает следующий вид:

$$t_{1ij} = \frac{m_{1ij} - m_{ij}}{n_0 Shb} \quad (1),$$

где: в числителе представлена масса удаляемого отхода; представленная в знаменателе величина является постоянной для данного типа заготовки [1].

На основе формулы (1) можно сделать заключение, что величина технологической трудоемкости на обрабатывающей стадии производства прямо пропорциональна массе заготовки (или массе удаляемого отхода).

С целью снижения уровня производственных затрат в станкостроительном производстве необходимо формировать оптимальную взаимозависимость между затратами заготовительной и обрабатывающей стадий производства, которые осуществляются с целью внедрения новых технологических процессов на заготовительной стадии с целью внедрения новых высокопроизводительных и

высокоточных технологических оборудований на обрабатывающей стадии производства.

Для сокращения уровня материалоемкости на заготовительной стадии производства необходимо использовать прогрессивные технологические процессы, которые позволяют повысить точность производимых заготовок и минимизировать массу удаляемого отхода. В результате этого сокращается как масса используемых материалов, так и трудоемкость и энергоемкость на обрабатывающей стадии производства.

Проведенное исследование показывает, что величину технологической трудоемкости производства одного машинокомплекта на заготовительной стадии производства можно определить по следующей формуле:

$$T_1 = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{N_j} t_{1ij} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{N_j} A_{ij} \left(\frac{m_{ij}}{K_{ij}^m} \right)^{x_{ij}} K_{1ij} K_{2ij} \quad (2)$$

где: $j = \overline{1, K}$ – возможные варианты технологических процессов получения заготовок; $i = \overline{1, N}$ – количество деталей, входящих в состав производимой продукции, технологические процессы получения заготовок и дальнейшей обработки которых осуществляются в данной производственной организации; t_{1ij} – технологическая трудоемкость производства заготовки i -ой детали j -ым технологическим процессом; m_{ij} – чистая масса i -ой детали, заготовку которой получают j -ым технологическим процессом;

K_{ij}^m – коэффициент использования материала i -ой детали, заготовку которой получают j -ым технологическим процессом; K_{1ij} – коэффициент, который учитывает влияние объема производства на величину t_{1ij} ; K_{2ij} – коэффициент, который учитывает влияние сложности заготовки на величину t_{1ij} [1,2].

Результаты проведенного исследования показывают, что величину затрат производства одного машинокомплекта на заготовительной стадии производства можно определить по следующей формуле:

$$S_1 = \sum_{j=1}^k \left[A_j^1 \sum_{i=1}^{N_j} \left(\frac{m_{ij}}{K_{ij}^m} \right)^{x_{1j}} K_{1j}^1 K_{2j}^1 \right] \quad (3)$$

Результат

где: K_{1j}^1 – коэффициент, который учитывает влияние объема производства на величину производственных затрат изготовления заготовок;

K_{2j}^1 – коэффициент, который учитывает влияние сложности заготовки на величину производственных затрат изготовления заготовок;

A_j^1 – свободный член, который учитывает также цену материала для изготовления заготовки, X_{1j}^1 – показатель степени. Проведенное исследование показывает, что величину технологической трудоемкости производства одного машинокомплекта на обрабатывающей стадии производства можно определить по следующей формуле:

$$T_2 = e^{a_2} \left(\sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{N_j} \frac{m_{ij}}{K_{ij}^m} \right)^{x_2} \left(\sum_{\varphi=1}^t \frac{\sum_{l=1}^b \Theta_{\varphi l}}{N_1} \right)^{y_2} e^{z_2} \quad (4),$$

где: первый составляющий (e^{a_2} , $e=2,71828...$) – свободный член; x_2, y_2, z_2 – показатели степени;

второй составляющий $\left(\sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{N_j} \frac{m_{ij}}{K_{ij}^m} \right)^{x_2}$ – общая масса заготовок одного машинокомплекта, которые обрабатываются в данной организации,

третий составляющий $\left(\sum_{\varphi=1}^t \frac{\sum_{l=1}^b \Theta_{\varphi l}}{N_1} \right)^{y_2}$

– коэффициент технологической осна-

щенности на обрабатывающей стадии производства;

четвертый составляющий e^{z_2} – показывает влияние времени производства изделия в данной организации (при производстве нового изделия данный коэффициент не учитывается) [1,2].

Величина технологической трудоемкости на φ -ой группе технологического оборудования на обрабатывающей стадии производства определяется по следующей формуле:

$$t_{2\varphi} = T_2 \beta_{\varphi} \quad (5),$$

где: β_{φ} – удельный вес технологической трудоемкости обработки на φ -ой группе технологического оборудования в общей технологической трудоемкости обработки одного машинокомплекта деталей в данной организации.

Проведенное исследование показывает, что величину затрат производства одного машинокомплекта на обрабатывающей стадии производства можно определить по следующей формуле:

$$S_2 = A_2 \left(\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{N_j} \frac{m_{ij}}{K_{ij}^m} \right)^{x_2} \left(\frac{\sum_{\psi=1}^6 \Theta_{\psi}}{N_1} \right)^{y_2} e^{tz_2} \sum_{\varphi=1}^F S_{\varphi}^1 \beta_{\varphi} \quad (6)$$

где: x_2, y_2, z_2 –

показатели степени, t – время производства изделия в данной организации; S_{φ}^1 – часовые затраты на эксплуатацию φ -ой группы технологического оборудования.

Величина необходимых финансовых ресурсов для приобретения и сдачи в эксплуатацию соответствующих технологических оборудований для внедряемых на заготовительной стадии производства новых технологических процессов определяется по следующей формуле:

$$K_1^E = \sum_{j=1}^k \left[U_j \sum_{i=1}^{N_j} \frac{t_{ij} P_{1ij}}{K_{1ij}^b F_{1ij}^0} \right] \quad (7)$$

где: U_j – расходы на приобретение и эксплуатацию новых технологических оборудований для реализации j -ого технологического процесса;

t_{ij} – технологическая трудоемкость изготовления заготовки i -ой детали j -ым технологическим процессом;

P_{1ij} – объем производства заготовки i -ой детали;

K_{1ij}^b – коэффициент выполнения нормы времени при производстве заготовки i -ой детали j -ым технологическим процессом;

F_{1ij}^0 – эффективный годовой фонд времени использования технологического оборудования при производстве заготовки i -ой детали j -ым технологическим процессом [3].

Величина необходимых финансовых ресурсов для приобретения и сдачи в эксплуатацию соответствующих технологических оборудований для внедряемых на обрабатывающей стадии производства новых прогрессивных технологических процессов определяется по следующей формуле:

$$K_2^E = \sum_{\varphi=1}^F \frac{U_{2\varphi} P_{2\varphi} T_{2\varphi}}{K_{2\varphi}^b F_{2\varphi}^0} \quad (8)$$

где: $U_{2\varphi}$ – расходы на приобретение и эксплуатацию новых технологических оборудований для выполнения φ -ой технологической операции;

$P_{2\varphi}$ – объем производства деталей, которые обрабатываются на φ -ой технологической операции;

$T_{2\varphi}$ – величина трудоемкости φ -ой технологической операции;

$K_{2\varphi}^b$ – коэффициент выполнения нормы времени при выполнении φ -ой технологической операции;

$F_{2\varphi}^0$ – эффективный годовой фонд времени использования технологического оборудования при выполнении φ -ой технологической операции [3].

Так как в машиностроительном производстве количество деталей, входящих в конструкцию готовой продукции и производящихся в производственной организации, составляет до несколько тысяч штук, то практически не целесообразно определять величину коэффициен-

та использования материала K_{ij}^m для каждой детали. Коэффициент использования материала для заготовок, полученный j -ым технологическим способом, с большой точностью можно считать относительно постоянной величиной ($\overline{K_j^m}$).

С учетом данного предположения, массу всех заготовок готовой продукции, изготавливаемой в данной организации, можно определять по следующей формуле:

$$M_1 = M \sum_{j=1}^k \frac{\alpha_j}{K_j^m} \tag{9}$$

где: α_j – отношение массы готовых деталей, заготовки которых получают j -ым технологическим способом, к массе всех готовых деталей продукции, изготавливаемых в данной производственной организации.

Экономико-математическая модель оптимизации производственных затрат в станкостроительном производстве формируется следующим образом.

На основе полученных единовременных затрат для заготовительной и обрабатывающей стадий производства (7,8), расчетного времени реализации инновационных процессов (T) и коэффициента дисконтирования (α_t) можно сформировать целевую функцию экономико-математической модели оптимизации производственных затрат (10). В эконо-

мико-математической модели ограничениями являются: общая величина технологической трудоемкости для заготовительной и обрабатывающей стадий производства (11), масса используемых материалов (12), общая величина затрат электроэнергии для заготовительной и обрабатывающей стадий производства (13), общая численность рабочих для заготовительной и обрабатывающей стадий производства (14).

Полученные расчетные показатели не должны превышать аналогичные нормативные величины, установленные в данной организации. Целевая функция экономико-математической модели имеет следующий вид:

$$Z = \sum_{t=0}^T \left[\sum_{j=1}^k \left(U_j \sum_{i=1}^{N_j} \frac{t_{ij} P_{ij}}{K_{ij}^b F_{ij}^0} \right) + \sum_{\varphi=1}^F \frac{U_{2\varphi} P_{2\varphi} T_{2\varphi}}{K_{2\varphi}^b F_{2\varphi}^0} \right] * \alpha_t \rightarrow \min \tag{10}$$

Ограничения экономико-математической модели имеют следующий вид:

по общей величине технологической трудоемкости для заготовительной и обрабатывающей стадий производства:

$$\sum_{j=1}^k \left[A_{1j} \left(M \frac{\alpha_j}{K_j^m} \right)^{x_{1j}} \sum_{i=1}^{N_i} K_{1ij} K_{2ij} \right] + A_2 \left(\sum_{j=1}^k M \frac{\alpha_j}{K_j^m} \right)^{x_2} \left(\frac{\sum_{\psi=1}^b \theta_{\psi}}{N_1} \right)^{y_2} e^{tz_2} \leq T_1^H + T_2^H \tag{11}$$

по массе используемых материалов:

$$\sum_{j=1}^k \frac{M_j \alpha_j}{K_j^m} \leq M^H \quad (12);$$

по общей величине затрат электроэнергии для заготовительной и обрабатывающей стадии производства [4]:

$$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{N_j} t_{1ij} * N_{1ij} * k_{1ij} * a + \sum_{\varphi=1}^{k_2} \sum_{i=1}^{N_{\varphi}} t_{2i\varphi} * N_{2i\varphi} * k_{2i\varphi} * a \leq E_1^H + E_2^H \quad (13);$$

по общей численности рабочих для заготовительной и обрабатывающей стадии производства:

$$\sum_{j=1}^k \frac{\left[A_{1j} \left(M \frac{\alpha_j}{K_j^m} \right)^{x_{1j}} \sum_{i=1}^{N_j} K_{1ij} K_{2ij} \right] P_1}{F_{1j}^p} + \sum_{\varphi=1}^F \frac{A_2 \left(\sum_{j=1}^k M \frac{\alpha_j}{K_j^m} \right)^{x_2} \left(\frac{\sum_{\psi=1}^6 \theta_{\psi}}{N_1} \right)^{y_2} e^{tz_2} \beta_{\varphi}}{F_{2\varphi}^p} \leq B_{1j}^H + B_2^H \quad (14).$$

Данную экономико-математическую модель можно успешно применять при реализации инновационных программ на заготовительной и обрабатывающей стадиях станкостроительного производства при оценке экономической эффективности и целесообразности внедрения в производство новой продукции и новых технологических процессов. Ее целесооб-

разно применять при проектировании новой производственной организации и новых производственных подразделений, когда возникает необходимость оценить объемы ожидаемых затрат и ожидаемый уровень экономической эффективности деятельности производственной организации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамян В.Г. Повышение технологичности выпускаемой продукции как ключевое направление снижения уровня затрат и роста эффективности машиностроительного производства. //Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение, 2018, # 2, с. 8-15.
2. Abrahamyan V.G. Assessment of Needed Volume of Capital Investments in Early Phases of Innovative Product Design in Multi-Nomenclature Mechanical Engineering. INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL. INNOVATIONS. Sofia, Bulgaria, 2017, # 2, p. 76-79.
3. Абрамян В.Г. Пути совершенствования жизненного цикла инновационной продукции в многономенклатурном машиностроительном

производстве. /Экономика знаний в России: от генерации знаний и инноваций к когнитивной индустриализации. Материалы IX Международной научно-практической конференции. Краснодар, 6–7 октября 2017 г., с.142-149.

4. Abrahamyan V.G. Reducing the energy intensity of multi-product machinery production through the improvement of the core production infrastructure. PROBLEMS OF ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY SAVING. Материалы международной научной конференции (3-4 ноября 2017 г.). Ереван, 2017. С. 11-13.

Рукопись поступила в редакцию 08.08.2019

JEL code: L53.

THE FORMING OF AN ECONOMIC-MATHEMATICAL MODEL OF THE OPTIMIZATION OF THE INDUSTRIAL EXPENSES IN A MACHINE TOOL MAKING PRODUCTION

V.G. Abrahamyan

The development of machine tool production is the main factor for increasing the productivity and the competitiveness of the industrial production, as the equipment that is produced there forms the material-technical base of the industrial organization.

This study is devoted to explore the ways to decrease the level of industrial expenses which is required for increasing the productivity and the competitiveness of a machine tool production. An economic-mathematical model for optimizing the production costs has been formed as a result of the study, which is based on reducing the costs of material, working and energy resources. These, in turn, form the major part of the manufacturing costs.

Key Words: machine tool building, productivity, work, energy supply, production expenses, economical-mathematical model.

References

1. Abramyan V.G. Increase in technological effectiveness of products as key direction of decrease in level of expenses and growth of efficiency of machine-building production. Modern high technologies. Regional supplement, 2018, # 2, page 8-15.
2. Abrahamyan V.G. Assessment of Needed Volume of Capital Investments in Early Phases of Innovative Product Design in Multi-Nomenclature Mechanical Engineering. INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL. INNOVATIONS. Sofia, Bulgaria, 2017, # 2, p. 76-79.
3. Abramyan V.G. Ways of improvement of life cycle of innovative products in multinomenclature machine-building production. Economy of knowledge in Russia: from generation of knowledge and innovations to a kongnitivny industrialization. Materials IX of the International scientific and practical conference. Krasnodar, on October 6-7, 2017, page 142-149.
4. Abrahamyan V.G. Reducing the energy intensity of multi-product machinery production through the improvement of the core production infrastructure. PROBLEMS OF ENERGY EFFICENCY AND ENERGY SAVING. Materialumezhdunarodnoynauchnoykonferention (on November 3-4, 2017). Yerevan, 2017. Page 11-13.