

УДК 65.011.4+ 658.511+621.74+629.7

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА АВИАСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

© 2012 О. Ю. Левкина

Ульяновский государственный университет

Предложен подход к оценке эффективности литейного производства авиастроительного предприятия, основанный на определении степени достижения целей литейного производства и позволяющий обеспечить объективную оценку деятельности производства с точки зрения расходования ресурсов, выявить факторы, оказывающие существенное влияние на производственный процесс, осуществить поиск производственных резервов, определить технико-экономическое обоснование новых форм управления и организации производства.

*Авиастроительное предприятие, литейное производство, эффективность производственных процессов, производственные факторы.*

В современном авиастроении большое количество деталей в каждом узле получают литьём. Литейное производство, как заготовительное производство авиастроительного предприятия, отличается разнообразием и сложностью протекающих в нём процессов. Приготовление формовочных и стержневых смесей, изготовление и подготовка форм и стержней, приготовление шихты и выплавка металла, заливка металла, выбивка и очистка-обрубка отливок представляют собой различные технологические операции, взаимосвязанные и сочетающиеся при изготовлении отливок в одной и той же непрерывной технологической последовательности и не допускающие длительных перерывов между отдельными операциями [1,2].

Несмотря на высокую материало- и трудоёмкость, непростые условия труда и неблагоприятные экологические последствия, литейное производство широко применяется в авиастроении. Для литейных изделий авиастроения характерны изготовление большой номенклатуры деталей при относительно малой их серийности, пространственная и контурная сложность этих деталей с обеспечением высоких требований к обеспечению точности изготовления и сборки, конструктивная сложность литых металлических деталей, которые имеют

большое число поднутрений для снижения их веса, что обуславливает сложность оснастки для изготовления моделей, форм и заготовок.

В силу отмеченной специфики литейного производства, его конструкторско-технологическая подготовка (КТПП) является наиболее длительным процессом, значительно влияющим на конечную цену изделия. При этом, наиболее трудоёмкая и дорогостоящая часть КТПП - это разработка литейной технологии, проектирование и изготовление литейной оснастки, последующий выпуск первой партии изделий с целью отработки на технологичность применяемых методов получения литейных заготовок. В случае внедрения на производстве новых технологий получения литейных форм и собственно отливок особое значение приобретают анализ, контроль и установление причин возникновения дефектов для определения оптимальных параметров технологического процесса. Таким образом, эффективность КТПП, заключающаяся в литейном производстве в отработке на технологичность новых методов получения форм и литых заготовок, определяет сроки изготовления и качество заготовок для цехов-потребителей предприятия, что в конечном итоге сказывается на эффективности производства,

которая является важнейшей качественной характеристикой управления им [3,4].

Чтобы оценить эффективность КТПП, предлагается подход к оценке эффективности литейного производства, основанный на разработке системы ключевых показателей эффективности. Основной задачей при КТПП является выбор технологического процесса, оптимального для изготовления определённой партии отливок. При этом предлагается сравнивать по этим показателям новые внедряемые технологические процессы с ранее применяемыми.

Система ключевых показателей эффективности литейного производства - это совокупность показателей, определяющих степень достижения основных целей производства. В основу выбора ключевых показателей эффективности легло представление о литейном производстве, как заготовительном для авиастроительного предприятия. Поэтому материально-технические и временные затраты на производство отливок, увеличивающие стоимость конечной продукции, должны быть минимальными. В этой связи проведено уточнение системы целей для литейного производства, реализация которых направлена на эффективное использование ресурсов предприятия.

Анализ основных процессов, протекающих в литейном производстве, позволил определить основные расчётные характеристики производства и возможные потери ресурсов на каждом этапе производственного процесса, которые влияют на эффективность КТПП, и, в конечном счёте, на эффективность литейного производства:

1. Потери металла (шихтовой, расплавленный, залитый в формы, формирующий литниковую систему, формирующий отливку, ушедший в брак).

2. Потери времени на каждый этап производственного процесса (разработка плана производства, разработка технологических процессов, изготовление и подготовка форм, приготовление сплава, изготовление отливок, контроль отливок, сдача на склад).

3. Потери электроэнергии (для плавки, работы оборудования, на общие нужды).

4. Потери воды (для охлаждения, техническая, на общие нужды).

5. Потери материала для формовки (материал, для изготовления форм, в том числе оболочковых; для стержней).

6. Количество сотрудников (непосредственно занятые в производственном процессе, контролирующий персонал, проверяющий персонал).

Сравнительный анализ эффективности двух и более вариантов КТПП предлагается проводить на основе определения и расчёта ключевых показателей эффективности литейного производства с учётом такого технологического параметра, как качество поверхности получаемой отливки.

Ключевые показатели эффективности определяют эффективность расходования ресурсов на каждом из этапов КТПП. Расчёт производится по шести выбранным показателям:

1. Выход годного литья  $K_1$  - доля произведённых годных отливок, выраженная в процентах от количества металла, загруженного в плавильную печь, учитывает потери при плавке, заливке в формы, потери на литниковую систему, брак и производственные возвраты.

2. Производительность применяемого оборудования  $K_2$  - доля времени, затрачиваемого на производство годной продукции и в процентах от общего производственного времени, учитывает затраты на простой производства при формовке, производственные задержки, задержки производства из-за бракованных или возвратных отливок.

3. Расход электроэнергии производством  $K_3$  включает в себя расход энергии для плавки и общий расход энергии литейным производством.

4. Расход формовочных смесей при подготовке производства  $K_4$ .

5. Расход воды производством  $K_5$ .

6. Производительность труда персонала  $K_6$  - общее количество человеко-

часов, затраченных на производство годной партии отливок за анализируемый период.

Разработанный подход положен в основу комплексной системы оценки эффективности литейного производства, которая учитывает совокупность значений выделенных показателей эффективности ( $K_1$ - $K_6$ ) за анализируемый период и факторов, оказывающих влияние на их значение (рис.1). Факторы, оказывающие влияние на каждый из шести показателей эффективности, условно можно разделить на два уровня. Под воздействием факторов первого уровня («измеряемые» факторы) происходит формирование определённых значений показателей эффективности. Эти факторы можно количественно оценить, их учёт позволит рассчитать значения показателей. Факторы второго уровня («качественные» факторы) оказывают косвенное влияние на показатели эффективности, но под их воздействием формируются значения оценочных факторов первого уровня и на их основе формируются пути повышения эффективности производства.



Рис. 1. Подход к оценке эффективности литейного производства

Рассмотрим реализацию подхода на примере оценки уровня эффективного использования металла на производстве через показатель «Выход годного литья»  $K_1$ . Экономия металла – один из резервов повышения эффективности литейного производства [5].

Часть производственного процесса изготовления отливки представлена на рис.

2, и на каждом этапе возможно неэффективное использование ресурсов (для показателя  $K_1$  - потери металла). Расчёт показателя «Выход годного литья» позволит определить, на каком из этапов производственного процесса происходят максимальные потери металла. При расчёте показателя учитываются потери металла при плавке  $K_{11}$ , заливке в формы  $K_{12}$ , при обработке отливок  $K_{13}$  и брак  $K_{14}$  (эти потери происходят на соответствующих этапах производственного процесса изготовления отливок).



Рис. 2. Часть производственного процесса изготовления отливки

Рассмотрим последовательность расчёта показателя «Выход годного литья»  $K_1$  %. Показатель «Выход годного литья» может быть вычислен по формуле:

$$K_1 = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $P_2$  - вес годных отливок,  $P_1$ -вес шихтового материала.

Потери при плавке  $K_{11}$  % рассчитываются по формуле:

$$K_{11} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где,  $P_2$  - вес жидкого металла, выпускаемого из печей.

Потери при заливке  $K_{12}$  % определяются по формуле:

$$K_{12} = \frac{P_2 - P_3}{P_2} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где  $P_3$  - вес металла, залитого в формы.

Потери металла на литниковую систему  $K_{13}$  % определяются по следующей формуле

$$K_{13} = \frac{P_3 - P_4}{P_3} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где  $P_4$  - вес готовых отливок, включая брак.

Выход годного на форму  $K_{13}'$  (%) может быть рассчитан на основе показателя, учитывающего потери металла на формирование литниковой системы, по формуле:

$$K_{13}' = 100\% - K_{13}. \quad (5)$$

Потери на брак и возврат  $K_{14}$  % определяются по формуле:

$$K_{14} = \frac{P_5}{P_4} \cdot 100\%, \quad (6)$$

где  $P_5$  - вес бракованных и возвратных отливок.

Учитывая потери металла на последовательных этапах технологического процесса (рис. 2), можно определить количество металла, формирующего годные отливки, по формуле:

$$P_2 = P_1 - (K_{11} \cdot P_1 + K_{12} \cdot P_2 + K_{13} \cdot P_3 + K_{14} \cdot P_4). \quad (7)$$

Тогда, исходя из алгоритма расчёта показателя эффективности, можно выделить следующие факторы, участвующие в расчёте показателя - факторы 1 уровня (рис. 3).



Рис. 3. Оценочные факторы, влияющие на показатель эффективности «Выход годного литья»

На основе факторов второго уровня, таких как качество шихтового материала и особенности технологического процесса, можно выделить следующие резервы повышения эффективности литейного производства за счёт влияния на значение показателя «выход годного литья»:

1. повысить качество шихтового материала;
2. контролировать время выдержки металла (не держать металл при высоких температурах в течение длительного времени);
3. контролировать качество химического состава шлака;
4. контролировать качество химического состава сплава;
5. контролировать температуру в раздаточном ковше;
6. применять качественное оборудование;
7. повысить квалификацию рабочих;
8. проектировать экономичную литниковую систему (оптимальные размеры литников, питателей, литниковых воронок и количества выемок);
9. жёсткий контроль технологического процесса;
10. жёсткий контроль соблюдения требований металлургии;
11. учёт конструктивных особенностей отливки.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

**Библиографический список:**

1. Титов, Н.Д. Технология литейного производства / Н.Д. Титов, Ю.А. Степанов. - М.: Машиностроение, 1972. - 472 с.
2. Могилев, В.К. Справочник литейщика / В.К. Могилев, О.И. Лев.- М.: Машиностроение, 1988. - 272 с.
3. Зайцев, Н.Л. Экономика промышленного предприятия: Учеб. Пособие / Н.Л. Зайцев. - М.: ИНФРАМ, 2008. - 414 с.

4. Ткаченко, С.С. Совершенствование технологии и повышение эффективности литейного производства / С.С. Ткаченко // Металлург. - 2008. - №11. - С. 121-122.
5. Швецов, В.И. Экономия металла - резерв эффективности литейного производства / В.И. Швецов, Б.А. Кулаков, О.Е. Слепова // Литейщик России. - 2006. - №9. - С. 14-18.

**METHODOLOGICAL ASPECTS OF ESTIMATION FOUNDRY DESIGN AND TECHNOLOGY PROCESS EFFICIENCY FOR AIRCRAFT COMPANIES**

© 2012 O. Yu. Levkina

Ulyanovsk State University

We propose an approach of estimating foundry efficiency in aircraft building company. The approach is based on level determination of the goal achievement in foundry. Besides, it allows to provide an objective assessment of the production in terms of resource consumption, to reveal factors that have a significant impact on the manufacturing process, to search for production reserves, to determine the feasibility study of new forms of production management and organization.

*Aircraft building corporation, foundry, production processes efficiency, production factors.*

**Информация об авторе**

**Левкина Ольга Юрьевна**, аспирант кафедры математического моделирования технических систем, Ульяновский государственный университет. E-mail: levkinaoyu@ulsu.ru. Область научных интересов: моделирование и исследование операций в организационно-технических системах.

**Levkina Olga Yrevna**, post-graduate student of the sub-department of mathematical modeling of technical systems, Ulyanovsk State University. E-mail: levkinaoyu@ulsu.ru. Area of research: modeling and analysis of operations in organizational engineering systems.