

УДК 658.514.3:004.021

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ РИСКОВ В ПРОЦЕССЕ ВЫБОРА ИСПОЛНИТЕЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

© 2017 С.Н. Ларин¹, С.А. Карпаев¹, А.А. Федоров²

¹ФНПЦ АО «НПО «Марс», г. Ульяновск

²Ульяновский государственный технический университет

Статья поступила в редакцию 29.09.2017

В статье описывается модель принятия решения в процессе выбора исполнителя технологической операции на многономенклатурном производстве. Минимизация риска по выбору неподходящего к выполнению технологической операции исполнителя является одной из задач процесса проектирования загрузки мощностей производства. Решение выбора того или иного исполнителя зачастую принимается субъективно. В статье данная задача решается автоматизированной системой, которая используя полученные данные математической статистики, принимает выбор в пользу лучшего исполнителя по своим суммарным показателям. Предлагаемый метод позволяет повысить эффективность планирования, увеличить вероятность изготовления точно в срок и минимизировать риск невыполнения договорных обязательств.

Ключевые слова: производство, минимизация рисков, математическая модель, модель взаимодействия, планирование работ.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе производства, как и в любом другом процессе, где требуется управлять бизнес-процессом - возникает проблема принятия решения в условиях неопределенности некоторых параметров функционирования. Один из способов решения подобной проблемы – прогнозирование рисков, возникающих в процессе функционирования, а так же управление им. Для производственного предприятия наиболее подходящим методом управления рисками является статистический метод, который основан на численном анализе массива электронных данных и дает наиболее точные результаты, не зависящие от субъективного мнения экспертов. В рамках исследования рассматривается метод имитационного статистического моделирования минимизации рисков, который основывается на использовании разработанного программного средства, основанного на математической статистике. Метод математической статистики позволяет оценить как уровень риска, так и эффективность мероприятий, разработанных для его минимизации.

Под риском понимается сочетание множества вероятностей конкретного события и его

негативных последствий. Риск это неизбежный фактор функционирования процесса или системы [1]. В своей деятельности предприятия с целью снижения рисков, должны применять в работе риск-ориентированный подход, который основывается на принятии решений и использовании программных средств [2, 3]. Предприятие, исходя из стандарта ISO 9001:2015 должно проводить оценку рисков посредством анализа, подбора воздействия и оценки результата воздействия. С практической точки зрения процесс принятия решений требует апробации на аналогах – моделях т.к. апробация на реальных объектах не всегда экономически целесообразна. Статистические и математические методы оценки рисков на современных производственных предприятиях используются не в полном объеме. В основном аналитикой рисков занимаются финансовые организации [4]. Особенно важно оценивать риски в процессе изготовления изделий, в которых не учитываются потери по времени, где возможны большие финансовые потери [5]. Рассмотрим статистический подход для определения количественных оценок на примере управления рисками процесса выбора исполнителя технологической операции на многономенклатурном производстве.

ОПИСАНИЕ ЗАДАЧИ

Процесс производства начинается с планирования и формирования перечня производственных задач, которые достигаются за обозримый период. Задачи разбиваются на технологические операции. Каждая технологическая операция выполняется на рабочем центре

Ларин Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника ПТК-6 – начальник сектора. E-mail: larinmars@rambler.ru

Карпаев Сергей Александрович, аспирант, инженер по автоматизированным системам управления производством. E-mail: neonix3000@mail.ru

Федоров Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Самолетостроение». E-mail: alex6348@yandex.ru

(РЦ). Выбор в пользу того или иного РЦ не всегда может быть адекватным. Для автоматического управления процессом определения передачи задания на рабочий центр необходимо понимание внутренних и внешних факторов, влияющих на выбор исполнителя с учетом негативных последствий.

Нетривиальность решения поставленной задачи определяется:

- сложностью процесса изготовления, структуры производства, учетом большого количества параметров;
- многообразным воздействием внутренних и внешних факторов;
- невозможностью использования математической статистики и моделей процесса функционирования.

Таким образом, необходимо комплексное решение проблемы минимизации рисков, где основными этапами являются: идентификация рисков; анализ рисков; минимизация рисков и мониторинг [2-3].

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Управление рисками – сложный и динамический процесс, который характеризуется множеством возмущающих факторов, имеющий как предсказуемый, так и случайный характер возникновения [4, 5]. Аналитический метод и метод статических испытаний – методы, которые обеспечивают оценку вероятностных событий, однако аналитический метод более трудоемкий и требует большие вычислительные ресурсы ПЭВМ. На предприятиях с большим массивом данных технологических операций использование метода статистических испытаний оправдано. Метод позволяет оценить значения средних (минимальных и максимальных) ожидаемых значений результатов и их отклонений. В работе используется имитационное моделирование процесса выдачи заданий в производство [6,7], производится многократный опыт с моделью,

в которой реализованы пошаговые алгоритмы поиска показателя риска.

Пусть необходимо минимизировать риск невыполнения технологической операции на механообрабатывающем производстве. Критерий минимизации риска обозначим K_{min_r} . Критерий K_{min_r} является функцией изначально заданных условий $U^{(0)}$, формируемых на этапе планирования. K_{min_r} зависит от множества факторов технического характера $M_{\phi mx}^{(s)}$ и индивидуальных факторов исполнителя $M_{\phi u}^{(s)}$. K_{min_r} является функцией экономических потерь φ . Представим факторы риска в виде следующего множества:

$$\overline{M^{(s)}} = \left(\overline{M_{\phi mx}^{(s)}}, \overline{M_{\phi u}^{(s)}} \right), \quad (1)$$

где $\overline{M_{\phi mx}^{(s)}}$ – множество факторов технического характера, влияющих на оценку риска; $\overline{M_{\phi u}^{(s)}}$ – множество индивидуальных характеристик, влияющих на оценку риска.

Критерий K_{min_r} , определяющий минимальный риск представим в виде функции:

$$K_{min_r} = f(\overline{U^{(0)}}, \overline{M^{(s)}}, \varphi). \quad (2)$$

Сущность метода состоит проведении N испытаний в результате которых получают N возможных значений X . Производится вычисление среднего арифметического значения и принимают полученное значение в качестве приближенного значения искомого числа. Общий алгоритм метода в поставленной задаче представлена на рис. 2. Практическая реализация алгоритма построена на основе автоматизированной системы учета технологических данных, в которой производится регистрация всех отметок выполнения технологических операций (ТО). Моделирование процесса производится с ограниченным количеством критериев. Процесс моделирования заключается в получении изначальных заданных целевых показателей и

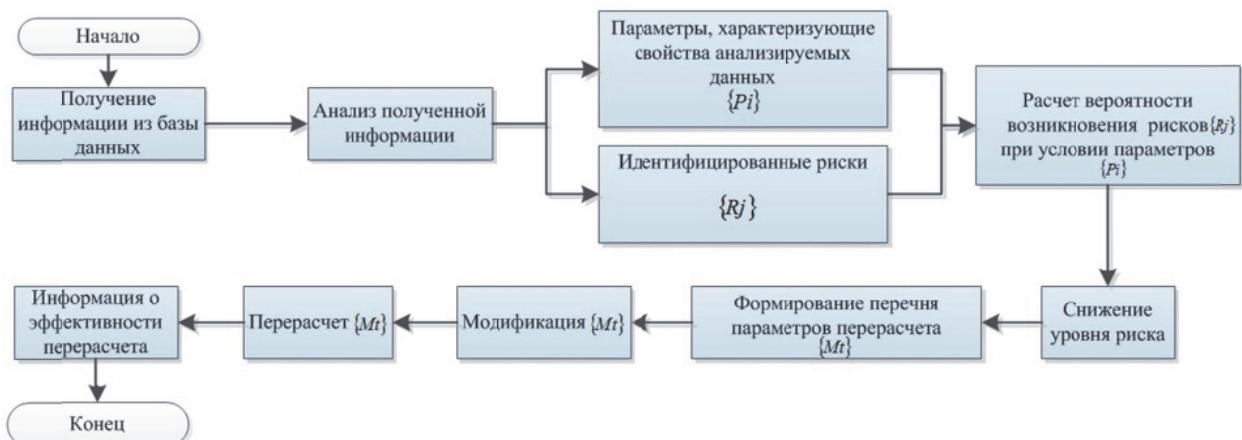


Рис. 1. Схема управления рисками выбора исполнителя

выработке значений по управлению заданными параметрами.

Сначала необходимо получить промежуточные значения функции K_i за дискретные промежутки времени $\Delta T_1, \Delta T_2, \dots, \Delta T_i$. Моделирование завершается на участке ΔT_i , когда достигнуто значение оценочной функции, удовлетворяющее заданным условиям. На следующем этапе начальные условия принимают значения случайных величин полученных на ΔT_i , где $\overline{U^{(0)}}$ должен отвечать $f(\overline{U^{(0)}})$.

Проведя n -итераций, получим статистический набор величин, которые обработаем используя математические методы статистики [8].

Среднее значение рассчитывается по следующей формуле:

$$K_{cp} = \frac{\sum_{j=1}^n K_j}{n}, \quad (3)$$

где n – количество итераций.

При большом числе реализаций n случайной величины вероятность того, что величина отклонений среднего математического ожидания от математического меньше любого положительного числа ε стремится к значению «1»:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P\left\{ |K_{cp} - M[K]| < \varepsilon \right\} = 1. \quad (4)$$

Из полученного выражения получаем, что $K_{cp} \approx M[K]$. Оценку дисперсии $D[K]$ случайной величины определяем по формуле:

$$D[K] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (K_i - K_{cp})^2. \quad (5)$$

Для приведения оценки K_{cp} к значению, близкому к математическому ожиданию $M[K]$, необ-

ходимо просчитать число выполняемых итераций, которое можно вычислить по выражению:

$$n \geq \frac{D[K] \cdot \tau_\beta^2}{\varepsilon_\beta^2}, \quad (6)$$

Используя теорему Бернулли [8,9] получаем, что

$$K_{cp} = m/n,$$

где m – количество успешных испытаний, n – общее количество испытаний. Если $M[K_{cp}] = \rho$;

$$D[K_{cp}] = \frac{\rho \cdot g}{n}, \text{ тогда}$$

$$P\left\{ \left| \frac{m}{n} - \rho \right| < \varepsilon \right\} \geq \frac{\rho \cdot q}{n \cdot \varepsilon^2} \Rightarrow \lim_{n \rightarrow \infty} P\left\{ \left| \frac{m}{n} - \rho \right| < \varepsilon \right\} = 1.$$

Получаем количественную оценку риска не выполнения задачи. Эффективность принимаемых решений полученных от сравнительной оценки показателей эффективности рассчитываются по следующей формуле:

$$\Delta P = \frac{K_{\min p_j} - K_{\min p_i}}{K_{\min p_i}}, \quad (7)$$

где K – значения сравнительных показателей эффективности.

Для оптимального принятия решения необходимо так же учитывать затраченное на расчеты время, экономическую составляющую и значения ограничений.

ОЦЕНКА РИСКА НА ПРИМЕРЕ ВЫДАЧИ ОПЕРАЦИИ В МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩЕЕ ПРОИЗВОДСТВО

В качестве примера необходимо распределить заготовительные операции по РЦ. В ка-

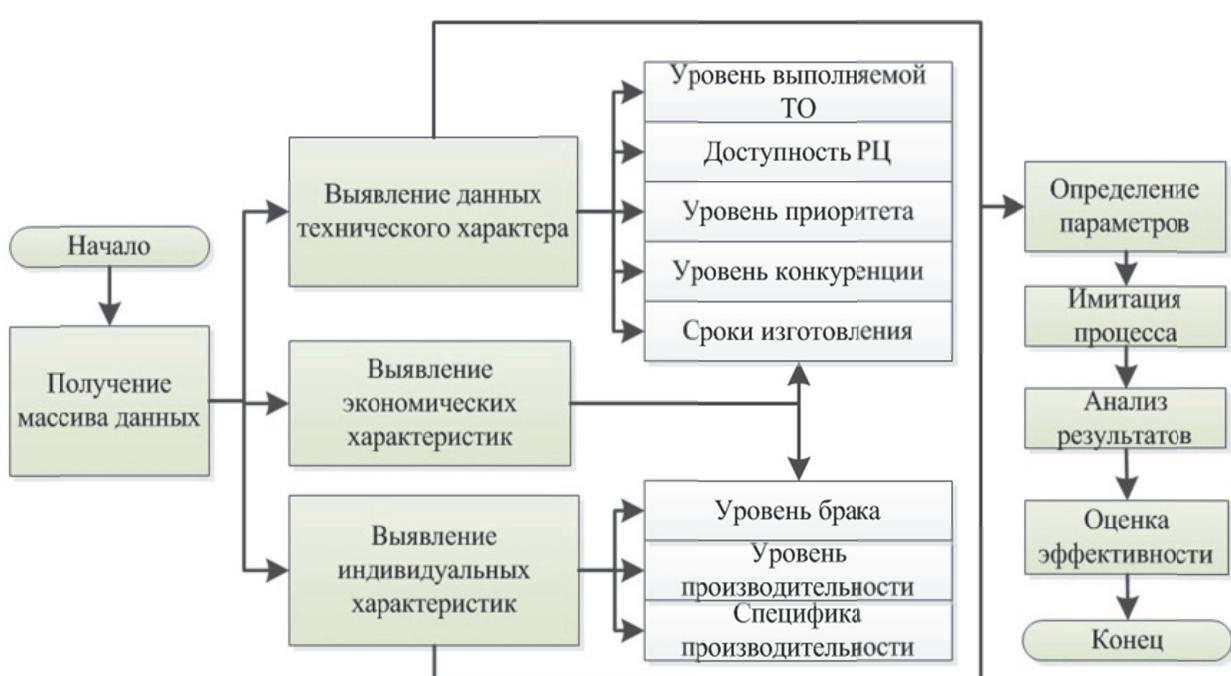


Рис. 2. Алгоритм действий имитационной модели

Таблица. Классификация индексов

Значение индекса качества	Описание классификации риска
1	риск отсутствует – в случае, когда отсутствуют факторы, исключающие невыполнение ТО за срок, установленный в ТО
0,90-0,99	допустимое значение риска - в случае, когда существуют факторы, влияющие на процесс, но исключающие невыполнение ТО
0,75-0,89	риск средний – в случае, когда один или несколько исполнителей выполняют ТО со значительным срывом.
0,6-0,74	критическое значение риска, при котором исполнитель либо чрезмерно загружен, либо в очереди его задач находятся задачи, сильно зависящие от внешних, независящих от исполнителя факторов (поставка материала точно к сроку).
Ниже 0,6	риск недопустимый, исполнитель исключается, т.к. задача является заведомо невыполнимой

честве критерия индекса качества определена классификация в соответствии с таблицей.

Весь перечень задач (рис. 3) распределяется по типу номенклатуры (прокладка, стенка и т.п.) и по каждому типу из базы ТО определяется потенциальный исполнитель – просматривается в хронологическом порядке история выполнения ТО.

На каждый объект номенклатуры формируются средние значения начальных параметров K_{cp} . На рис. 4 отражена выборка показателей номенклатуры «Ловерс У-01-01». Из выбранного набора определяется набор параметров, ограничением значений в соответствии с критериями индекса и рассчитывается приращение ΔP .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемая модель трудоемка в реализации и требует большого объема информационных данных. На практике данная модель оправдала себя в том числе при критических рисках. Модель позволяет получить оценку целесообразности сделанного выбора и оценить её эффективность.

Дальнейшее развитие описанной модели заключается в использовании неограниченного числа внешних факторов, что позволит более точно учесть специфические особенности объекта и более точно определить РЦ для выполняемой технологической операции.

№ п/п	Приоритет	Дата МОП	Наименование работ	ДЦ	Количество № операции	Операция	Трудоемкость	№ сопроводителей	Документ по которому производится изготовление	Изделие	Kmin
1	C	10.01.17	Наконечник ПГ18 ОСТ5.6070-74	АББ-100	1 5	Заготовительная	0,004	539885-10.11.15. 666699-03.10.16	П06-15-00133	Изделие 1	0,11
2	C	10.01.17	Наконечник ПГ18 ОСТ5.6070-74	МДВ-202	1 10	Слесарная	0,008	539885-10.11.15. 666699-03.10.16	П06-15-00133	Изделие 1	0,27
3	C	16.03.17	Ловерс	У-01-01	16 5	Заготовительная	0,08	474299-09.12.14	П06-14-00536	Изделие 106	0,16
4	C	16.03.17	Ловерс	АМ3-300	16 10	Слесарная	0,272	474299-09.12.14	П06-14-00536	Изделие 106	0,90
5	C	16.03.17	Ловерс		16 20	Штамповочная	0,0528	474299-09.12.14	П06-14-00536	Изделие 106	0,90
6	C	16.03.17	Ловерс		16 50	Штамповочная	0,0528	474299-09.12.14	П06-14-00536	Изделие 106	0,89
7	C	28.03.17	Ловитель		8 5	Заготовительная	0,136	568740-10.06.16	П06-15-00403	Изделие 707	0,09
8	C	28.03.17	Ловитель		8 10	Слесарная	0,0664	568740-10.06.16	П06-15-00403	Изделие 707	1
9	C	28.03.17	Винт		2 5	Заготовительная	0,097		П06-15-00403	Изделие 707	0,01
10	C	28.03.17	Винт		2 10	Слесарная	0,004		П06-15-00403	Изделие 707	1
11	C	03.04.17	Стенка		1 10	Слесарная	0,15	674817-08.12.16	П06-16-00299	Изделие 2	1
12	C	03.04.17	Прокладка		2 5	Заготовительная	0,295	574490	П06-15-00440	ИИ	0,24
13	C	03.04.17	Прокладка		2 10	Слесарная	0,0172	574490	П06-15-00440	ИИ	0,41
14	C	03.04.17	Шайба 2,5x6,5x0,5 СТЭФ-1.	ГОСТ	8 10	Слесарная	0,533	674612-06.02.17. 732121-04.04.17	П06-16-00330	251	0,06
15	C	03.04.17	Шайба 2,5x6,5x0,5 СТЭФ-1.		8 5	Заготовительная	0,219	674612-06.02.17. 732121-04.04.17	П06-16-00330	251	0,62
16	C	03.04.17	Шайба 2,5x6,5x0,5 СТЭФ-1.		8 10	Слесарная	0,533	674710-06.02.17. 732120-04.04.17	П06-16-00295	251	0,08

Рис. 3. Перечень задач ТО

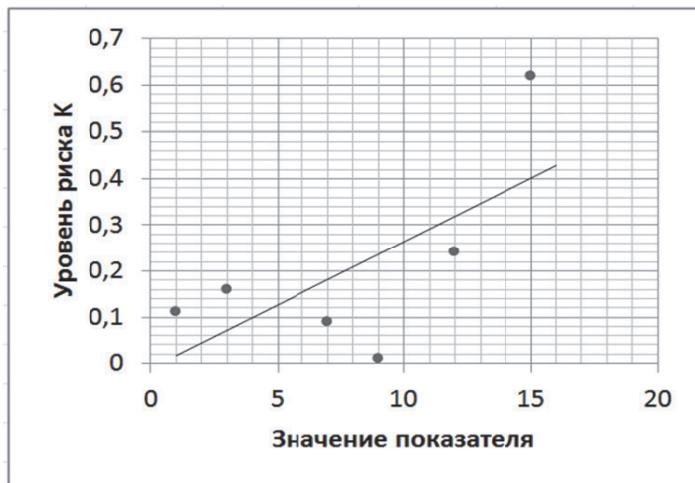


Рис. 4. График итераций на «Ловерс У-01-01»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Елохин А.Н. Анализ и управление риском: Теория и практика. М.: ООО «Полимедиа», 2002. 192 с.
2. ГОСТ Р ИСО 31000-2010.Менеджмент риска. Принципы и руководство. М.: Стандартинформ, 2015.
3. ГОСТ Р 51897-2002. Менеджмент риска. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2012.
4. Соловьев В.И. Математические методы управления рисками. М., 2003. 100 с.
5. Костерев В.В. Надежность технических систем и управление риском. М. : МИФИ, 2008. – 280 с.
6. Карпаев С.А., Ларин С.Н. Аналитика выполнения задач многономенклатурного производства в рамках системы оперативно-календарного планирования // Матер. XIV молодежной науч.-техн. конф. «Взгляд в будущее». СПб.: 2016. С. 216–222.
7. Карпаев С.А., Ларин С.Н., Федоров А.А. Разработка модели проектирования технологических процессов с проекцией на план производства // Автоматизация процессов управления. 2016. № 3(45). С. 79–87.
8. Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория вероятностей. Математическая статистика. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. 296 с.
9. Емельянов А.А., Радионова Ю.А. Модель оценки эффективности решения задачи минимизации рисков контекста организации // Автоматизация процессов управления. 2016. № 2(44). С. 63–69.

MATHEMATICAL MODEL FOR ESTIMATING THE EFFICIENCY OF SOLVING THE TASK OF SELECTING OPERATOR TECNOLOGICAL OPERATION IN MANUFACTURE

© 2017 S.N. Larin¹, S.A. Karpaev¹, A.A. Fedorov²

¹FRPC OJSC “RPA “Mars”, Ulyanovsk

²Ulyanovsk State Technical University

Nowadays in the process of organization management, the decision-making problem under conditions of uncertainty in some functioning parameters (internal and external ones) exists. One of the main ways to solve the problem is forecasting risks appeared in functioning process, and risk management. Existence of different risk management methods allows to a head of an organization choosing the most appropriate one. The most appropriate method for a large research-and-production organization is a statistic one based on big data array numerical analysis. Such a method proposes more accurate results unaffected by experts' subjective opinion. The article considers the simulation method for the process of risk management in process of selecting operator and the statistic method of risk minimization based on the usage of mathematical statistics tools. The method allows estimating not only the risk level but also the efficiency of actions intended to risk minimization.

Keywords: manufacture, risk minimization, risk management, mathematic method, statistic method, planning.

Sergey Larin, Candidate of Technics, Associate Professor, Deputy Head of the Complex Production and Engineering Department. E-mail: larinmars@rambler.ru

Sergey Karpaev, Graduate Student, Engineer for Automated Production Management Systems. E-mail: neonix3000@mail.ru