

Эвристический алгоритм распределения ресурсов для циклических сетевых моделей

И.П. Абросимов

преподаватель ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»; г. Воронеж

В.Е. Белоусов

к.т.н., доцент, зав. кафедрой ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; г. Воронеж

e-mail: belousov@vgasu.vrn.ru

И.В. Поцбенева

к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; г. Воронеж

Аннотация. В статье рассматривается эвристический алгоритм распределения ресурсов для циклических сетевых моделей гибридных систем автоматизированных производств, который позволяет получить опорный план организации производства сложных изделий, доставляющий точный минимум целевой функции. При нехватке ресурса алгоритм его распределения обеспечивает выполнение работ с имеющимся в наличии, при этом события фронта работ упорядочиваются по убыванию в порядке значимости изделий.

Ключевые слова: алгоритм, план, технологическая операция, система, событие.

Введение

При составлении технологических карт сложных работ автоматизированных производств в реальных условиях необходимо учитывать ограничения по основным видам ресурсов, имеющихся в наличии у предприятия. Задачи распределения ресурсов можно различать по классу сетевых моделей, используемых при решении задач, способу задания ограничений на ресурсы, виду целевой функции. При моделировании процессов гибридных сложных систем получили широкое распространение обобщенные (циклические) сетевые модели (ОСМ). Задачи распределения ресурсов на

ОСМ в основном решаются для случаев заданной интенсивности выполнения работ [1]. Возможность изменения интенсивности потребления ресурсов добавляет еще одну степень свободы при поиске ресурсно-допустимого плана и тем самым увеличивает возможность нахождения оптимального плана.

Построение эквивалентных ОСМ

При решении рассматриваемой задачи можно применять ОСМ двух видов: «в терминах работ» и «в терминах событий» [1, 3]. Оба типа моделей могут быть использованы для описания процессов мелиоративного строительства. Однако ОСМ «в терминах работ» более наглядна для технологов и удобна для описания организационно-технологических процессов, поэтому именно она принята в качестве основного способа задания исходной модели. Обобщенные сетевые модели можно разделить по способу задания интенсивности выполнения работ: задание постоянными величинами; границами изменения; особыми точками; функцией. Под «особыми точками» здесь понимаются точки начал и окончаний работ, точки входа или выхода зависимостей между работами, а также точки наложения абсолютных ограничений типа «не ранее» и «не позднее». Местоположение «особой точки» относительно начала работы задается в процентах или в частях от общего объема работы ОСМ (параметр U_{ij}).

Рассмотрим случай, когда такие ограничения не заданы. Для дальнейшего изложения введем обозначения:

A – множество пар точек (P_i^l, P_j^m) , соответствующих дугам ОСМ;

$M1$ – множество точек, в которых заданы абсолютные ограничения «не позднее», D_{iz} ;

$M2$ – множество точек, в которых заданы абсолютные ограничения типа «не ранее», d_{ik} ;

t_i – продолжительность выполнения i -ой работы ОСМ;

ω_i^{max} – максимальное количество, основного ресурса, выделяемое для выполнения i -ой работы;

ω_i^{min} – минимальное количество основного ресурса, выделяемое для выполнения i -ой работы;



V_i – физический объем i -ой работы;
 q_i^γ – производительность ресурса γ на i -ой работе;
 Θ_i – трудоемкость i -ой работы по основному ресурсу, $\Theta_i = V_i' q_i^\gamma$;
 $t_i^{\min}, t_i^{\max}$ – соответственно минимальная и максимальная продолжительности выполнения i -ой работы;
 N – число работ ОСМ;
 L_i – количество «особых точек» i -ой работы.
 ОСМ, фрагмент которой изображен на рис. 1, описывается системой неравенств:

$$T_{jm} \geq T_{il} + \alpha_{jm}^{il}, \forall (P_{il}, P_{jm}) \in A; \quad (1)$$

$$T_{ik} \geq d_{ik}, \forall P_{ik} \in M1; \quad (2)$$

$$T_{ik} \geq D_{iz}, \forall P_{iz} \in M2; \quad (3)$$

$$T_{il+1} - T_{il} \geq (U_{il+1} - U_{il}) \cdot t_i^{\min}, l = \overline{1, L_i}, i = \overline{1, N}; \quad (4)$$

$$T_{il+1} - T_{il} \leq (U_{il+1} - U_{il}) \cdot t_i^{\max}, l = \overline{1, L_i}, i = \overline{1, N}. \quad (5)$$

Опишем организационно-технологическую ситуацию с помощью ОСМ «в терминах событий», когда каждой «особой точке» P_{il} ОСМ «в терминах работ» (рис. 1) сопоставлено событие P_{il} (рис. 2). Модель, изображенная на рис. 2, описывается системой неравенств, аналогичной (1)–(5), которые обеспечивают эквивалентность математического описания организационно-технологического процесса «в терминах работ» и «в терминах событий».

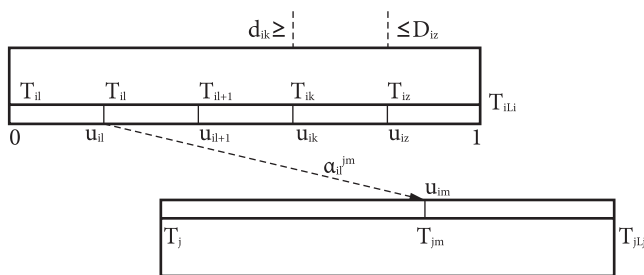


Рис. 1. Фрагмент ОСМ «в терминах работ»

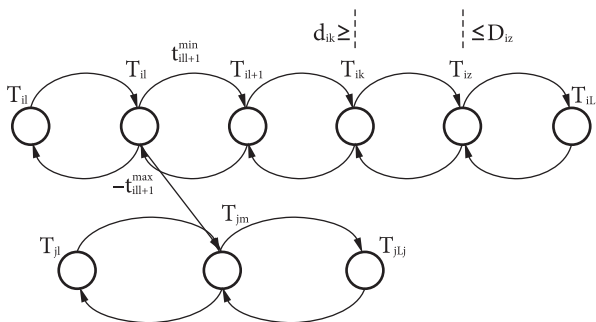


Рис. 2. Фрагмент ОСМ «в терминах событий»

Из этого следует возможность построения алгоритма корректного перехода от исходной ОСМ к расчетной в случае переменной интенсивности выполнения работ.

Пусть ОСМ задана «в терминах работ» (рис. 1), тогда для перехода к расчетной ОСМ необходимо: для каждой «особой точки» P_{il} исходной ОСМ ввести соответствующее событие P_{il} расчетной модели; между событиями P_{il} и P_{il+1} , соответствующими «особым точкам» одной работы, ввести две дуги: (P_{il}, P_{il+1}) и (P_{il+1}, P_{il}) – соответственно минимальная и максимальная границы продолжительности l -ой части i -ой работы; перенести абсолютные ограничения, заданные в «особых точках» в исходной модели, на соответствующие события P_{il} расчетной модели; перенести зависимости между «особыми точками» исходной ОСМ на дуги между соответствующими событиями расчетной модели.

Постановка задачи

Имеется K сложных изделий, каждое из которых задано исходной ОСМ «в терминах работ» или «в терминах событий». Обозначим:

P – множество событий P_{jm} , каждое из которых соответствует m -й «особой точке» j -й работы.

A – множество зависимостей модели, т.е. $A = \{P_{il}, P_{jm}\} \subset P + P$.

Сетевая модель каждого объекта $G(P; A)$ описывается системой неравенств (1)–(5).

Границы продолжительности m -ой части j -ой работы задаются из соотношения:

$$t_{jm}^{\max(\min)} = \frac{Q_j^m}{\omega_j^{\min(\max)}},$$

где: Q_j^m – трудоемкость выполнения m -ой части j -ой работы по ведущему ресурсу γ .

Описанная таким образом сетевая модель [2], в которой переменной T_{jm} соответствуют два события, совпадающие по времени – завершение $(m - 1)$ части j -ой работы и начало m -ой части j -ой работы, содержит в себе требование непрерывного выполнения работ. Для каждой j -ой работы задается потребность в нескладируемых ресурсах типа мощности. Обозначим номер вида нескладируемого ресурса через γ , $\gamma = \overline{1, \Gamma_1}$. Так же задается потребность в материальных ресурсах: номер вида χ , $\chi = \overline{1, \Gamma_2}$. При этом по каждой j -ой работе могут быть заданы минимальная и максимальная потребности в ведущем ресурсе вида γ . В процессе назначения ресурсов на части работ при переходе от одного события к другому в пределах j -ой рабо-

ты количество потребляемого ресурса y может меняться в пределах от ω_j^{ymin} до ω_j^{ymax} , что и обеспечивает изменение длительности выполнения части работы. Это влечет за собой изменение количества всех остальных ресурсов, потребляемых на этой части работы и определяемых назначенным на нее количеством ведущего ресурса.

Пусть $R^y(t)$ и $R^x(t)$ – количество наличных ресурсов соответствующих видов, подлежащих распределению в момент $t \in [T_\pi^h, T_\pi^0]$. Зададим ограничения на количество потребляемых ресурсов складываемого и нескладываемого типа в каждый момент времени:

$$W^y(t) \leq R^y(t), \forall t \in [T_\pi^h, T_\pi^0], \forall y = \overline{1, \Gamma_1}; \quad (6)$$

$$W^x(t) \leq R^x(t) + [R^x(t-1) - W^x(t-1)], \forall x = \overline{1, \Gamma_2}; \quad (7)$$

где: $W^y(t)$ и $W^x(t)$ – количество ресурсов типа y или типа x , потребляемое в момент времени t всеми работами.

Требуется составить календарный план $\{T_{jm}\}$, $j = \overline{1, N}$, $m = \overline{1, L_j}$, удовлетворяющий сформулированным выше ограничениям (1)–(7) и доставляющий оптимум целевой функции.

Приведенные выше особенности организации сложного производства позволяют сделать вывод о целесообразности организации выполнения работ с максимально возможными интенсивностями [4]. Поэтому в качестве целевой функции предлагается:

$$F = \sum_{k,j,m} \lambda_k = (P_{im+1} - T_{jm} - t_{jm}^{min}) \rightarrow \min, \quad (8)$$

где: λ_k – весовой коэффициент, учитывающий сравнительную важность изделия.

Рассматриваемая задача не всегда имеет ресурсно допустимый план, т.е. потребность в ресурсах, необходимых для выполнения работ, может превышать их наличие в какой-то момент времени $t \in [T_\pi^h, T_\pi^0]$. Для обеспечения большей гибкости при решении задачи распределения ресурсов вводятся два уровня наличия ресурсов нескладываемого типа: $R_1^y(t)$ – обычный (первый) уровень и $R_2^y(t)$ – дополнительный (второй) уровень, а также, для каждого изделия k , $k = \overline{1, K}$ задается величина разрешаемой задержки Z_k , указывающая максимальную величину, на которую можно отложить выполнение работ по сравнению с их поздним сроком.

Величины $R_1^y(t)$ и $R_2^y(t)$ определяются следующим образом. Пусть $R_1^y(t)$ – наличие ресурса y на момент времени $t \in [T_\pi^h, T_\pi^0]$. Обозначим:

$\xi_y^I(t)$ – удельный вес простоев ресурса y по причине мелких ремонтов техники;

$\xi_y^{II}(t)$ – удельный вес простоев ресурса y по причине переподготовки производства;

$\xi_y^{III}(t)$ – удельный вес простоев ресурса y по прочим причинам.

Значения $\xi_y^I(t)$, $\xi_y^{II}(t)$, $\xi_y^{III}(t)$ определяются методами математической статистики на основе данных прошлых лет. Тогда первый уровень ресурса y равен:

$$R_1^y(t) = [1 - \xi_y^I(t) - \xi_y^{II}(t) - \xi_y^{III}(t)] \cdot R_0^y(t).$$

Второй уровень ресурса y определяется из условия:

$$0 > R_2^y \leq [1 + \xi_y^I(t) + \xi_y^{II}(t) + \xi_y^{III}(t)] \cdot R_0^y(t).$$

Рассмотрим эвристический алгоритм, позволяющий найти допустимое приемлемое решение задачи распределения ресурсов на ОСМ с переменными интенсивностями выполнения работ.

Шаг 1. Подготовительные процедуры. Если исходная модель задана «в терминах работ», то производим переход от исходной ОСМ к расчетной «в терминах событий».

$$\{T_{jm}^p, T_{im}^n\}, m = \overline{1, L}, j = \overline{1, n}.$$

Шаг 2. Формирование фронта работ. Рассмотрим текущий момент времени $t \in [T_\pi^h, T_\pi^0]$. Обозначим через Φ_t множество событий расчетной модели, для которых $T_{jm}^p = t$. Отбросим из Φ_t события, являющиеся концами работ. В оставшемся множестве $\tilde{\Phi}_t$ выделяем два непересекающихся класса $\tilde{\Phi}_t^1$ события, являющиеся промежуточными «особыми» точками работ, $\tilde{\Phi}_t^2$ – события, являющиеся началами работ, т. е.

$$\tilde{\Phi}_t^1 = \{p_{jm}\}: T_{jm}^p = t, m \neq 1, m \neq L_j;$$

$$\Phi_t^1 = \{p_{jm}\}: T_{jm}^p = t, m = 1.$$

Шаг 3. Формирование очереди. Для работ, которые к текущему моменту времени t уже выполнялись, ресурсы выделяются обязательно, поэтому события, принадлежащие множеству $\tilde{\Phi}_t^1$, ставим в очереди раньше, чем события из множества $\tilde{\Phi}_t^2$. Внутри множеств $\tilde{\Phi}_t^1$ и $\tilde{\Phi}_t^2$ очередь событий, рассматриваемых в текущий момент времени t , при назначении ресурсов формируется, исходя из следующих приоритетных правил. События упорядочиваются в порядке убывания важности



изделий, выраженной величиной λ_k , затем – в порядке возрастания резервов времени. Рассмотрим множество событий Φ_t^1 . Учитывая требование непрерывности выполнения работ, запретим выдвигать из фронта события $P_{jm} \in \Phi_t^1$. Событие $P_{jm} \in \Phi_t^1$ стоит в очереди раньше события P_{il} , если для событий P_{jm+1} и P_{il+1} выполняется условие:

$$\min(r_{jm+1}^0, r_{jm+1}^f) < \min(r_{il}^0, r_{il+1}^f),$$

где: r_{jm+1}^0 – общий резерв m -ой части j -ой работы исходной модели; r_{jm+1}^f – общий резерв m -ой части j -ой работы модели, с фиксированными работами. Таким образом, предусмотрена возможность выдвигания из фронта событий, являющихся началами работ.

Шаг 4. Назначение ресурсов на работы. Обозначим количество ресурса γ , назначаемого для выполнения m -ой части j -ой работы, как ω_{jm}^y , причем $\omega_j^{ymin} \leq \omega_{jm}^y \leq \omega_j^{ymax}$. Определяем количество ресурса $R^y(t)$, подлежащее распределению в момент времени t , исключив из рассмотрения количество ресурса γ , используемого на работах, не имеющих в данный момент времени «особых точек». Процедура назначения j -ой работы на обслуживание заключается в выделении ресурсов на ее выполнение. Сначала ресурсы назначаются на части работ, начинающиеся событиями $P_{jm} \in \Phi_t^2$. Принимаем $\omega_{jm}^y = \omega_{jm-1}^y$, что обеспечивает выполнение ранее начатых работ с той же интенсивностью. Затем ставим на обслуживание события $P_{jm} \in \Phi_t^2$. При этом

$$\omega_{j1}^y = \frac{Q_{jm}^y}{T_{j2}^p - T_{j1}^p},$$

где $T_{j2}^p - T_{j1}^p$ – продолжительность первой части j -ой работы, определенная на основе плана ранних сроков.

После постановки на обслуживание очередного события P_{jm} фронта уменьшаем $R^y(t)$ на величину ω_{jm}^y . Если при рассмотрении очередного события P_{jm} возникает ситуация, когда $\omega_{jm}^y > R^y(t)$, т.е. образуется дефицит ресурса γ , то выполняются следующие действия: при переходе к выполнению шага 5; при $P_{jm} \in \Phi_t^2$ и $R^y(t) = 0$ выполняем шаг 6; при $P_{jm} \in \Phi_t^2$ и $0 < R^y(t) < \omega_{jm}^y$ переходим к выполнению шага 5. Возможна также ситуация, когда все события фронта Φ_t поставлены на обслуживание, а величина $R^y(t) > 0$. В этом случае для распределения образовавшегося избытка ресурса γ между работами переходим к выполнению шага 5. Если же

$R^y(t) = 0$, то переходим к шагу 2 для рассмотрения следующего момента времени $t' = t + l \in [T_\pi^h, T_\pi^h]$.

Шаг 5. Изменение интенсивности выполнения работ. Этот этап выполняется в двух случаях: при дефиците или избытке ресурса γ . Устранение дефицита ресурса $\Delta\gamma = \omega_{jm}^y - R^y(t)$ возможно путем снижения интенсивности потребления ресурса γ за счет увеличения длительности m -ой части j -ой работы. Для этого ее продолжительность t_{jm}^j необходимо увеличить на величину $\Delta t_{jm} = \frac{Q_{jm}^y}{R^y(t)} - t_{jm}^j$. Если резерв события P_{jm+1} позволяет это сделать, т.е. $\Delta t_{jm} \leq \min(r_{jm+1}^0, r_{jm+1}^f)$ то ставим событие P_{jm} на обслуживание и назначаем ресурс γ в количестве $\omega_{jm}^y = R^y(t)$. При этом новый срок окончания m -ой части j -ой работы $T_{jm+1} = T_{jm}^p + \Delta t_{jm}$. В противном случае, когда $\Delta t_{jm} > \min(r_{jm+1}^0, r_{jm+1}^f)$ продолжительность t_{jm}^j увеличиваем ровно на величину резерва и назначаем на выполнение m -ой части j -ой работы ресурс γ в количестве $\omega_{j1}^{y'} = \frac{Q_{jm}^y}{t_{jm}^p - \Delta t_{jm}^p}$, где $\Delta t_{jm}^p > \min(r_{jm+1}^0, r_{jm+1}^f)$. Соответственно $T_{jm+1} = T_{jm+1}^p + \Delta t_{jm}^p$. В результате дефицит ресурса $\Delta\gamma$ уменьшается на величину $\omega_{jm}^y - \omega_{j1}^{y'}$. Эти действия выполняются до тех пор, пока величина $\Delta R^y(t)$ не станет равной нулю. После этого выполняется шаг 7. Если же устранить дефицит ресурса не удалось, переходим к выполнению шага 8. Использование избытка ресурса, оставшегося после постановки на обслуживание всех событий фронта Φ_t , осуществляется посредством увеличения интенсивности выполнения частей некоторых работ в пределах их минимально возможных длительностей. Затем переходим к шагу 7.

Шаг 6. Выдвижение событий из фронта. Этот этап выполняется, если при рассмотрении очередного события $P_j \in \Phi_t^2$, являющегося началом j -ой работы, требующей ресурс ω , величина $R^y(t) = 0$. Если резерв события P_{ji} больше нуля, то срок начала j -ой работы T_{ji} увеличивается на единицу, т.е. событие выдвигается из фронта и осуществляется переход к выполнению шага 7. В противном случае (у события P_{ji} нет резерва) переходим к выполнению шага 8.

Шаг 7. Временной пересчет плана ранних сроков. При каждом изменении срока T_{jm} свершения события $P_{jm} \in \Phi_t$ в пределах его резерва необходимо рассчитать новые значения ранних сроков совершения и резервов событий, не поставленных на обслуживание. Затем переходим к выполнению шага 2.

Шаг 8. Использование дополнительных ресурсов. В случае, когда для устранения дефицита какого-либо ресурса γ резерв рассматриваемого

события P_{jm} не позволяет изменить интенсивность выполнения m -ой части j -ой работы ($P_{jm} \in \tilde{\Phi}_t$) или выдвигать его из фронта ($P_{jm} \in \tilde{\Phi}_t^2$), рассматривается возможность использования дополнительного уровня ресурса $R_2^Y(t)$.

Введем понятие динамического запаса времени события P_{jm} :

$$\beta_{jm} = T_{jm}^n + Z_k - t.$$

Если $\beta_{jm} < \tau_k$, то полагаем $R^Y(t) = R_2^Y(t)$, что дает возможность постановки события P_{jm} на обслуживание. При $\beta_{jm} \geq \tau_k$, т.е. использование $R_2^Y(t)$ не разрешено в момент t , вводим для m -ой части j -ой работы признак $Y_{jm}=1$, а событие P_{jm} ставим на обслуживание, назначая ему необходимое количество ресурса ω_{jm}^Y . При практическом использовании полученных плановых решений части работ, отмеченные признаком $Y_{jm}=1$, обеспечиваются имеющимися в наличии ресурсами за счет увеличения производительности. Затем переходим к выполнению шага 5 при $P_{jm} \in \tilde{\Phi}_t^1$, или шага 6 при $P_{jm} \in \tilde{\Phi}_t^2$. Таким образом, производится постановка на обслуживание всех событий сети P_{jm} и фиксация плановых сроков их свершения $\{T_{jm}\}$.

Анализ полученных результатов

Полученный календарный план $\{T_{jm}\}$ является приемлемым решением. Приведенный алгоритм обеспечивает практически приемлемое значение целевой функции (8), близкое к оптимальному:

- события фронта упорядочиваются по убыванию λ_k ; таким образом, изменение интенсивности выполнения (увеличение продолжительности) производится в первую очередь у работ наименее важных изделий (шаг 3 и шаг 5);

- план ранних сроков $\{T_{jmr}\}$, являющийся опорным для данного алгоритма, дает достаточно хорошее приближение к оптимальному значению целевой функции (8) для большинства используемых классов ОСМ при неограниченных ресурсах. В алгоритме также предусмотрена возможность получения опорного плана, доставляющего точный минимум целевой функции (8) (шаг 1).

- при нехватке ресурса продолжительности t_{jm} частей работ увеличиваются на минимально возможную величину Δt_{jm} позволяющую продолжить выполнение работ с имеющимися в наличии ресурсами.

Выводы и рекомендации

Сформированный по приведенному алгоритму план $\{T_{jm}\}$ удовлетворяет всем исходным требованиям непрерывности, выполнения работ в директивные сроки, а также обеспечивает соблюдение ограничений по ресурсам. Практическое использование таких календарных планов может существенно повысить эффективность организации производства за счет снижения себестоимости технологических операций сложного изделия, а также рационального использования ресурсов типа мощности.

Литература

1. Баркалов С.А., Нгуен Ван Жанг, Нгуен Тхань Жанг. Алгоритм расчета временных параметров графа и прогнозирование срока завершения моделируемого процесса // Системы управления и информационные технологии. – 2013. – № 3.1. – С. 116–119.
2. Белоусов В.Е., Кончаков С.А. Алгоритм для оперативного определения состояний объектов в многоуровневых технических системах // Экономика и менеджмент систем управления. – 2015. – № 3.2. – С. 227–232.
3. Белоусов В.Е., Кончаков С.А./ Алгоритм для анализа вариантов решений в многокритериальных задачах // Системы управления и информационные технологии. – 2015. № 4. – С. 31–33.
4. Голенко-Гинзбург Д.И. Статистические модели в управлении производством. – М: Статистика, 1973.

Heuristic Algorithm of Distribution of Resources for Cyclic Network Models

I.P. Abrosimov, the teacher of the Military Educational-Scientific Center of the Air Force «The Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin»; Voronezh

V.E. Belousov, candidate of technical sciences, associate professor, head of the department of Federal state-funded educational institution of the higher education «The Voronezh state technical university»; Voronezh

e-mail: belousov@vgasu.vrn.ru

I.V. Potsebnova, candidate of technical sciences, associate professor, Federal state-funded educational institution of the higher education «The Voronezh state technical university»; Voronezh

Summary. In article the heuristic algorithm of distribution of resources for cyclic network models of hybrid systems of the automated productions which allows to receive the basic plan of the organization of



production of difficult products delivering an exact minimum of criterion function is considered. At the shortage of a resource the algorithm of his distribution provides performance of work with available, at the same time events of a scope of work are ordered on decrease as the importance of products.

Keywords: algorithm, plan, technological operation, system, event.

References:

1. Barkalov S.A., Nguyen Van Zhang, Nguyen Than Zhang. An algorithm of calculation of

temporary parameters of the count and forecasting of a date of completion of the modelled process. *Control systems and information technologies*. 2013, No. 3.1. pp. 116–119.

2. Belousov V.E., Konchakov S.A. An algorithm for expeditious definition of conditions of objects in multilevel technical systems. *Economy and management of control systems*. 2015, No. 3.2. pp. 227–232.

3. Belousov V.E., Konchakov S.A. An algorithm for the analysis of versions of decisions in multicriteria tasks. *Control systems and information technologies*. 2015, No. 4. pp. 31–33.

4. Golenko-Ginzburg D.I. Statistical models in production management. *Statistics*. Moscow, 1973.

Применение риск-ориентированного подхода в производстве железобетонных изделий

О.Е. Смирнова

к.т.н., доцент кафедры строительных материалов, стандартизации и сертификации НГАСУ (Сибстрин); г. Новосибирск

e-mail: smirnova.olj@yandex.ru

Н.С. Бобров

магистрант НГАСУ (Сибстрин); г. Новосибирск

Аннотация. В статье рассматривается возможность применения риск-ориентированного подхода для управления качеством в производстве железобетонных изделий в связи с требованиями стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Для этого, учитывая специфику сферы производства строительных материалов, проводится обзор наиболее практически применимых методов управления рисками, а также подробно рассматривается применение одного из них – метода HAZOP-анализа.

Ключевые слова: риск, качество, метод, HAZOP, железобетон.

Качество производимых строительных материалов и изделий является одним из важнейших факторов безопасности возводимых объектов капитального строительства. Согласно статье 34 Федерального закона от 30.12.2009 N 384-ФЗ (ред. от 02.07.2013) «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», строительство здания или сооружения должно осуществляться с применением строительных материалов и изделий, обеспе-

чивающих соответствие здания или сооружения требованиям настоящего ФЗ и проектной документации [1]. Этот же закон содержит требования по подтверждению соответствия систем управления качеством строительных предприятий.

В настоящее время подтверждение соответствия или сертификация систем менеджмента качества (далее СМК) носит добровольный характер и проводится на соответствие национальному стандарту ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования».

Данный стандарт входит в серию стандартов ИСО и является пятой версией. Вышедший в 2015 г. стандарт значительно отличается от предыдущей версии (2008 г.). Основным существенным отличием стал риск-ориентированный подход, позволяющий организации определять факторы, которые могут привести к отклонению от запланированных результатов процессов и СМК организации, а также такой подход дает предупреждающие средства управления для минимизации негативных последствий и максимального использования появляющихся возможностей [2].

Возникает вопрос: что такое риск, возможности и нежелательные последствия? Согласно ГОСТ Р ИСО 9000-2015, **риск** – это влияние неопределенности. Стандарт ГОСТ Р ИСО 31000-2010 определяет **риск** как влияние неопределенности на цели. Стандарт ГОСТ Р 51901.1-2002 «Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем» определяет **риск** как сочетание вероятности события и его последствий. ГОСТ Р 54934-2012 «Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования» дает следующее определение: **риск** – это сочетание вероятности того, что опасное