

SECTION 31. Economic research, finance, innovation.

**Naumov Anatoly Aleksandrovich**

Docent, Candidate of Technical Sciences,  
Center of Applied Mathematical Research, Novosibirsk, Russia,  
E-mail: A\_A\_Naumov@mail.ru

**TO PROBLEM OF REPAIR AND MAINTENANCE  
WORK EFFICIENCY ESTIMATING**

*Abstract:* In this paper approaches to estimation of effectiveness of repair and maintenance work for production companies are offered.

*Key words:* Repair and maintenance work, business processes, efficiency, optimization, control.

УДК 330.46:330.322.5: 658.155

**К ЗАДАЧЕ ОЦЕНИВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
РЕМОНТНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

*Аннотация:* В работе предложены подходы к оцениванию эффективности проведения ремонтно-профилактических работ для добывающих компаний.

*Ключевые слова:* Ремонтно-профилактические работы, бизнес-процессы, эффективность, оптимизация, управление.

Составление плана ремонтно-профилактических работ (РПР) – задача, которую приходится решать для многих производственных систем. В работе рассмотрена модель оптимизации РПР для предприятий, связанных с добычей полезных ископаемых (см. [1-3]). В частности, такие модели могут быть использованы для оптимизации РПР нефте- и газодобывающих предприятий. Особенностью таких предприятий является то, что со временем меняется объем добываемого ресурса и это происходит по двум основным причинам: из-за снижения остатка недобытого ресурса и старения (износа, засорения и пр.) оборудования. Ниже с использованием моделей бизнес-процессов построена модель, с помощью которой можно решать задачи планирования проведения РПР.

Проведение РПР предполагает интегрирование ресурсов двух процессов: производственного (ПП), связанного с добычей полезных ископаемых, и обслуживающего (ремонтно-профилактического) (РПП), связанного с ремонтом и заменой отдельных элементов и узлов технологического оборудования производственного процесса.

Не умаляя общности, рассмотрим ситуацию, когда имеется  $N$  производственных (связанных непосредственно с добычей полезных ископаемых) бизнес-процессов  $\widehat{BP}_{P,s,i}(t), i=1,2,\dots,N$  (см., например, [4; 5]). Внутреннюю структуру производственного бизнес-процесса (ПП)  $\widehat{BP}_{P,s,i}(t), \widehat{BP}_{P,s,i}(t) \in BP_P = \{\widehat{BP}_{P,s,i}(t)\}, i=1,2,\dots,N_P$  (символ «P» – Production – производство, добыча), зададим в виде:

$$\widehat{BP}_{P,s,i}(t) = \langle W_{P,f,i}(t), R_{P,f,i}(t), P_{P,f,i}(t), C_{P,fin,i}(t), C_{P,fout,i}(t), t_{P,0,i}, T_{P,i} \rangle, i=1,2,\dots,N_P,$$

где  $W_{P,f,i}(t)$  – вектор потоков работ процесса;  $R_{P,f,i}(t)$  – вектор ресурсов;  $C_{P,fin,i}(t)$  – вектор входных (затратных) финансовых потоков процесса;  $C_{P,fout,i}(t)$  – вектор выходных (доходных) финансовых потоков;  $t_{P,0,i}$  – время начала реализации процесса;  $T_{P,i}$  – длительность процесса;  $P_{P,f,i}(t)$  – вектор объемов добытых полезных ископаемых (дебит) процессом  $\widehat{BP}_{P,s,i}(t)$  в единицу времени на момент времени  $t$ ,  $t \in [t_{P,0,i}, t_{P,0,i} + T_{P,i}]$ .

Заметим, что такие характеристики бизнес-процессов, как стоимость единицы добытых ископаемых, единицы потребленного ресурса и т.д., известны и сведены в вектора соответствующих параметров. Такая справочная информация необходима для того, чтобы оценить затраты труда, ресурсов и т.д. в денежном выражении и затем использовать эти оценки при анализе бизнес-процессов на эффективность.

Введем в рассмотрение бизнес-процессы, осуществляющие РПР для производственных бизнес-процессов (РПП). Пусть они имеют вид (индекс «R» – Repair – ремонт, восстановление):

$$\widehat{BP}_{R,s,i}(t) = \langle W_{R,f,i}(t), R_{R,f,i}(t), C_{R,fin,i}(t), C_{R,fout,i}(t), t_{R,0,i}, T_{R,i} \rangle, i = 1, 2, \dots, N_R,$$

где потоки и параметры имеют вид аналогичный потокам и параметрам производственных процессов.

Подключение РПП-процесса к производственному процессу формально можно представить следующим образом:

$$BP_{RMW,i,j}(t) = \widehat{BP}_{P,s,i}(t) \vee_{BP} \widehat{BP}_{R,s,j}(t), i \in \{1, 2, \dots, N_P\}, j \in \{1, 2, \dots, N_R\},$$

$$t = t_{R,0,j} \in [t_{P,0,i}, t_{P,0,i} + T_{P,i}].$$

Операция  $\vee_{BP}$  – операция параллельного соединения двух бизнес-процессов [4].

Индекс *RMW* в записи процесса  $BP_{RMW,i,j}(t)$  означает аббревиатуру от английских слов «Repair and Maintenance Work» – «ремонтно-профилактические работы». Будем считать для простоты, что один РПП-процесс может одновременно обслуживать только один ПП и производственный процесс может быть обслужен только одним РПП-процессом с целью проведения для него соответствующих работ.

После согласования потоков в этом процессе получим процесс  $\widehat{BP}_{RMW,i,j}(t)$ . Если процесс  $\widehat{BP}_{P,s,i}(t)$ ,  $i \in \{1, 2, \dots, N_P\}$ , подвергается РПР в разные моменты времени несколькими РПП, то это может быть формально представлено в таком виде:

$$BP_{RMW,i}(t) = \widehat{BP}_{P,s,i}(t) \vee_{BP} \left( \widehat{BP}_{R,s,j_1}(t) \vee_{BP} \widehat{BP}_{R,s,j_2}(t) \vee_{BP} \dots \vee_{BP} \widehat{BP}_{R,s,j_{r_i}}(t) \right),$$

$$i \in \{1, 2, \dots, N_P\}, j_k \in \{1, 2, \dots, N_R\}, k = 1, 2, \dots, r_i, t \in [t_{P,0,i}, t_{P,0,i} + T_{P,i}],$$

$$[t_{R,0,j_k}, t_{R,0,j_k} + T_{R,j_k}] \subset [t_{P,0,i}, t_{P,0,i} + T_{P,i}], \text{ для всех } j_k \in \{1, 2, \dots, N_R\}, k = 1, 2, \dots, r_i.$$

Сделаем пояснения к введенным в рассмотрение формальным записям. Собрав в общие круглые скобки все ремонтные процессы, тем самым, были выделены производственный процесс  $\widehat{BP}_{P,s,i}(t)$  и все те процессы, которыми он обслуживается. Фактически, ремонтные процессы подключаются к ПП последовательно во времени (будем считать, что выполняются неравенства  $t_{R,0,j_1} < t_{R,0,j_2} < \dots < t_{R,0,j_{r_i}}$ ) и интервалы времени, в которые происходят РПР ( $[t_{R,0,j_k}, t_{R,0,j_k} + T_{R,j_k}]$ ,  $j_k \in \{1, 2, \dots, N_R\}$ ,  $k = 1, 2, \dots, r_i$ ),

не пересекаются. Всего на интервале времени  $[t_{P,0,i}, t_{P,0,i} + T_{P,i}]$  производственный процесс  $\widehat{BP}_{P,s,i}(t)$  будет подвергнут  $r_i$  ремонтным работам.

Задача составления плана РПП состоит в том, чтобы наилучшим образом выбрать процессы для ремонта и назначить (определить) для них время начала проведения ремонтных работ, другими словами – найти для каждого производственного процесса наилучшую стратегию ремонтного обслуживания.

Стратегии ремонтного обслуживания (проведения РПП) для каждого из ПП  $\widehat{BP}_{P,s,i}(t)$ ,  $i \in \{1, 2, \dots, N_p\}$ ,  $\widehat{BP}_{R,s,j}(t)$  представим в виде:

$$C_{RMW,i} = \left\{ \begin{array}{l} t_{R,0,j_1}, t_{R,0,j_2}, \dots, t_{R,0,j_{r_i}} \\ (i, j_1), (i, j_2), \dots, (i, j_{r_i}) \end{array} \right\}, i = 1, 2, \dots, N_p.$$

Стратегия проведения РПП для всех  $N_p$  производственных процессов – это стратегия  $C_{RMW} = (C_{RMW,1}, C_{RMW,2}, \dots, C_{RMW,N_p})$ . Эти стратегии в совокупности показывают, какой из процессов РПП закреплен за каждым из производственных процессов и когда начинается выполнение ремонтно-профилактических работ для этих процессов. Отметим, что заранее (до решения задачи составления расписания РПП) количество проводимых РПП на каждом производственном процессе ( $r_i, i = 1, 2, \dots, N_p$ ) не известно.

Задача нахождения наилучшей стратегии проведения РПП может быть представлена в виде:

$$\bar{Q}(C_{RMW}) \rightarrow \underset{C_{RMW}}{\text{extremum}}$$

при ограничениях  $C_{RMW} \in C_{RMW}^\Delta$ , где  $C_{RMW}^\Delta$  – область допустимых значений для стратегии  $C_{RMW}$ . При этом, в потоках  $P_{P,f,i}(t)$ ,  $i = 1, 2, \dots, N_p$ , следует выделять две составляющие:  $P_{P,f,i}(t) = P_{P,f,MR,i}(t) - P_{P,f,WT,i}(t)$ ,  $i = 1, 2, \dots, N_p$  (в обозначениях индексов «Mineral Resources» – минеральные ресурсы, «Wear and Tear» – износ, амортизация). Для построения моделей, входящих в  $P_{P,f,i}(t)$ , можно воспользоваться методами регрессионного анализа. Ошибки в оценках параметров регрессионных уравнений для моделей  $P_{P,f,MR,i}(t)$  и  $P_{P,f,WT,i}(t)$  могут быть пересчитаны в риски для критерия  $\bar{Q}(C_{RMW})$  (см. [5]).

## Литература

1. Консон А.О. Экономика ремонта машин. – Л.: Машиностроение, 1970. – 216 с.
2. Егоров В.И., Злотникова Л.Г. Экономика нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. – М.: Химия, 1974. – 296 с.
3. Жардин Э. Техническое обслуживание оборудования// В кн.: Исследование операций. Т. 2. Модели и применение/ Под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. – М.: Мир, 1981, С. 344-363.
4. Наумов А.А. Теоретические и прикладные вопросы моделирования бизнес-процессов. Модели, алгоритмы, программы: Монография/ А. А. Наумов. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 464 с. [https://www.ljubljuknigi.ru/store/ru/book/Теоретические-и-прикладные-вопросы-моделирования-бизнес-процессов/isbn/978-3-8383-6534-3]
5. Список трудов [Электронный ресурс]. URL: https://sites.google.com/site/anatolynaumov2011/home/spisok-trudov-list-of-papers (дата обращения: 25.12.2013).