

УДК 658.562+658.512

К.О. Западня, Ю.А. Лещенко, С.Т. Шуфани

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

ИССЛЕДОВАНИЕ МНОЖЕСТВА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ В ЛОГИСТИКЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

Анализируется множество решений по организации основного и вспомогательного процессов производства для обеспечения требований логистики и качества. Исследуется топология распределенных производственных комплексов (РПК) для перечисления возможных вариантов организации вспомогательных операций (транспортировка, складирование, контроль и т.д.). Исследование проводится в два этапа: количественная оценка вариантов на основе теории перечисления; формирование (генерирование) вариантов. Для отсева одинаковых вариантов используется метод лексикографического упорядочивания. Приведён пример исследования РПК нефтедобычи и транспортировки нефти.

Ключевые слова: исследование множества вспомогательных операций в логистике распределённого производства, обеспечение качества, перечисление альтернативных вариантов.

Введение

Логистика современного производства направлена на обеспечение качества продукции и минимизацию издержек, связанных с вспомогательными (обеспечивающими) процессами производства. Учитывая, что доля вспомогательных операций производства (транспортировка, складирование, контроль и т.д.) по сравнению с основным производством (основные технологические операции) постоянно растёт, она может оказывать существенное влияние на качество выпускаемой продукции. Как известно [1, 2], требования ISO [3] направлены на обеспечение качества не только выпускаемого продукта, но и процессов которые обеспечивают выпуск продукции. Поэтому актуальна тема предлагаемой публикации, в которой анализируется множество вспомогательных операций для обеспечения требований качества выпускаемой продукции. Учитывая, что в настоящее время существует большое разнообразие оборудования и схем организации вспомогательных операций, требуется проанализировать множество возможных вариантов, что приводит к необходимости использования методов комбинаторного анализа и теории перечисления вариантов [4].

Постановка задачи исследования

Современное производство характеризуется большим разнообразием схем организации основного производства. Особенно это ярко проявляется для распределенных производственных комплексов (РПК), где топологический аспект архитектуры является самостоятельной темой исследования [5]. Учитывая территориальную удалённость основных производственных агрегатов и технологических блоков РПК необходимо рационально выбрать и обосновать вспомогательные операции обслужива-

ния РПК (транспортировка, складирование, контроль и т. д.). Поэтому анализ множества альтернативных вариантов вспомогательных операций для своевременного и качественного обслуживания основного производственного процесса РПК является объектом исследования в данной статье.

Результаты исследования

Существует большое разнообразие топологических схем РПК для организации основного производственного процесса (последовательная цепь, последовательно – параллельная структура, радиальная и кольцевая топология и т. д.). Представим топологию распределенного производственного процесса в виде графа Q , где рёбра будут представлять основные технологические операции, а вершины – «обрамление» этих операций в виде вспомогательных операций (транспортировка, складирование, контроль и т.д.). Учитывая, что, в настоящее время, вспомогательные операции оказывают существенное влияние на основные показатели производства (качество, стоимость, время и т.д.) исследуем множество возможных альтернатив и схем организации вспомогательных операций. Для этого воспользуемся основными результатами теории перечисления [4].

На первом этапе перейдём от архитектурного представления РПК к теоретико-множественному представлению. Нас будет интересовать множество возможных вспомогательных операций, которые обозначим через D и множество вершин R графа Q . $|D| = m$, $|R| = n$ – эти множества отображаются друг в друга. На этом же этапе перейдём к групповым представлениям теории перечислений, которые позволят выделить классы эквивалентности (одинаковые варианты отображений) с помощью основных теорем теории перечислений [4].

Теорема 1. (Основная теорема Пойа). Перечень класса эквивалентности равен:

$$\sum_F W(F) = Z(G; \sum_{r \in R} \varpi(r), \sum_{r \in R} [\varpi(r)]^2, \sum_{r \in R} [\varpi(r)]^3, \dots), (1)$$

где F – класс эквивалентности, индуцированный группой G , действующей на множестве D ; $Z(G, \dots)$ – цикловой индекс группы G ; $\varpi(r)$ – «вес» элемента $r \in R$.

В частности, если веса выбраны равными 1, то можно определить число классов эквивалентности:

$$N = Z(G; |R|; |R|, |R|, \dots). (2)$$

Теорема 2. (Де Брейн). Число классов эквивалентности однозначных отображений множества D в R :

$$[Z(G; \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots) Z(H, 1 + Z_1, 1 + 2Z_2, \dots)]_{Z_1=Z_2=\dots=0} (3)$$

Здесь $Z(G, \dots)$ – дифференциальный оператор, действующий на оператор $Z(H; \dots)$ при условии $Z_1 = Z_2 = \dots = 0$, H – группа, действующая на множестве R .

Теорема 3. (Де Брейн). Если выполняются предложения теоремы 2 и если, кроме того, $|R| = |D|$, т.е. отображения взаимно однозначные, то число классов эквивалентности:

$$[Z(G; \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots) Z(H; Z_1, 2Z_2, \dots)]_{Z_1=Z_2=\dots=0}. (4)$$

Учитывая, что с помощью графа Q описывается архитектура (топология) РПК, то дадим основные положения для перечисления графов [4].

Теорема 4. Если Q – связной граф, то:

$$\Gamma(nQ) \equiv S_n[\Gamma(Q)], (5)$$

где $\Gamma(Q)$ – группа графа Q ; \equiv – знак изоморфизма; n – число непересекающихся подграфов графа nQ (не имеющих общих вершин).

Из теоремы следует, что автоморфизм графа nQ можно получить, выполняя сначала произвольный автоморфизм на каждой из копий Q , а затем совершая перестановку этих копий.

Теорема 5. Если Q_1 и Q_2 – непересекающиеся связные неизоморфные графы, то:

$$\Gamma(Q_1 \cup Q_2) \equiv \Gamma(Q_1) + \Gamma(Q_2). (6)$$

Любой граф можно представить в виде:

$$G = n_1 Q_1 \cup \dots \cup n_r Q_r, (7)$$

где n_i – число компонент графа изоморфных Q_i .

Из двух последних теорем следует, что:

$$\Gamma(Q) \equiv S_{n_1}[\Gamma(Q_1)] + S_{n_2}[\Gamma(Q_2)] + \dots + S_{n_r}[\Gamma(Q_r)]. (8)$$

Следствие. Группа объединения двух графов идентична сумме их групп, т.е.:

$$\Gamma(Q_1 \cup Q_2) = \Gamma(Q_1) + \Gamma(Q_2),$$

тогда и только тогда, когда в графе нет компоненты, изоморфной компоненте графа Q_2 .

Теорема 6.

а). Группа $\Gamma(Q)$ есть S_p тогда и только тогда, когда $Q = K_p$ или:

$$Q = \overline{K_p}. (9)$$

б). Если Q – простой цикл длины p , то:

$$\Gamma(Q) = D_p, (10)$$

где K_p – полный граф, т.е. такой, у которого каждая пара вершин соединена ребром; D_p – диэдральная группа степени p ; p – число вершин графа.

Таким образом, для перечисления возможных вариантов организации вспомогательных операций необходимо знать топологию (архитектуру) РПК, которая описывается с помощью: $\Gamma(Q)$ – группа подстановок вершин графа Q архитектуры РПК; $Z(H, X_1, X_2, \dots)$ – цикловой индекс группы подстановок H ; S_p – симметрическая группа подстановок степени p ; E_p – тождественная группа подстановок степени p ; D_p – диэдральная группа подстановок степени p ; $A[B]$ – композиция групп A относительно группы B ; $A + B$ – сумма групп подстановок A и B .

В качестве примера, приведём описание, с помощью групп подстановок, вершин графа РПК, который представлен в виде радиальной иерархической архитектуры распределенного нефтедобывающего комплекса (рис. 1).

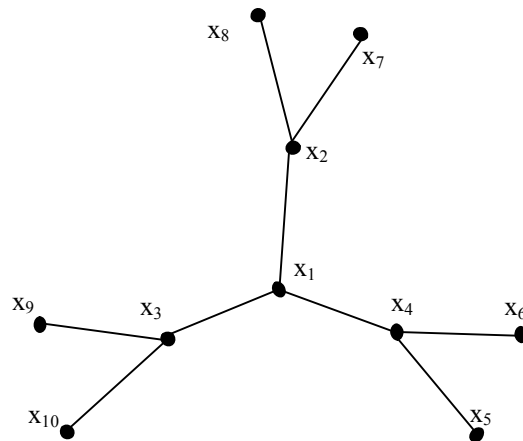


Рис. 1. Граф Q архитектуры РПК

Здесь вершины x_1, x_2, \dots, x_{10} – являются вспомогательными операциями, которые связаны с транспортировкой нефти; $x_1 - x_2, x_1 - x_3, \dots, x_3 - x_{10}$ – основные операции, связанные с очисткой и переработкой нефти.

Группа графа Q для заданной на рис.1 топологии РПК представляется в виде:

$$\Gamma(Q) = E_1 + S_3[E_1 + S_2].$$

Для анализа множества вариантов РПК нефтедобычи необходимо:

1. Перечислить и количественно оценить множество вариантов РПК с учётом множества вспомогательных операций. Для этого необходимо задать множество вспомогательных операций. Предположим, что вспомогательных операций будет два типа:

- транспортовка нафти с помощью магистральных трубопроводов;
- транспортовка нафти с помощью железнодорожных цистерн.

Пусть, для периферийных вершин графа Q возможны вспомогательные операции только 1-го типа (добытая из скважин нефть, перемещается на заводы первичной обработки

$x_9 - x_3, x_{10} - x_3, x_5 - x_4, x_6 - x_4, x_7 - x_2, x_8 - x_2$ с помощью трубопроводов).

Для вершин x_1, x_2, x_3, x_4 возможно использование как первого так и второго типа транспортных операций.

Поэтому: $\Gamma(Q') = E_1 + S_3$, где Q' подграф графа Q с вершинами x_1, x_2, x_3, x_4 . Группа подстановок H, которая описывает множество вспомогательных операций, будет выглядеть следующим образом:

$$H = S_3 + S_3.$$

Тогда, подсчитать число возможных вариантов РПК нефтедобычи можно с помощью [4].

$$\begin{aligned} K &= Z(\Gamma(Q'); \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots) Z(H; 1 + Z_1, 1 + 2Z_2, \dots) = \\ &= Z(E_1 + S_3; \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots) \times \\ &\times Z(S_3 + S_3; 1 + Z_1, 1 + 2Z_2, \dots) = 8. \end{aligned}$$

Полученное значение K можно использовать в качестве останова при формировании вариантов РПК.

2. Для формирования вариантов РПК можно воспользоваться методом производящих функций [4] или случайного поиска (случайная маркировка графа).

Для определения одинаковости вариантов (нахождение их в одном классе эквивалентности) необходимо осуществить сравнение вариантов. Воспользуемся лексикографическим представлением для сравнения вариантов [5].

Граф Q архитектуры РПК опишем с помощью матрицы смежности. Для примера РПК на рис. 1 матрица смежности имеет вид (рис. 2.):

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
x_1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
x_2	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
x_3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
x_4	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
x_5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
x_6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
x_7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
x_8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
x_9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
x_{10}	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 2. Матрица смежности

На рис. 2 x_i – тип задаваемой вспомогательной операции в i-й вершине графа Q РПК. Представим матрицу смежности в виде списка. Для этого из матрицы выпишем каждую вершину графа Q со смежными вершинами:

$$\begin{aligned} &x_1x_2x_3x_4, x_2x_1x_7x_8, x_3x_1x_9x_{10}, \\ &x_4x_1x_5x_6, x_5x_4, x_6x_4, x_7x_2, x_8x_2, \\ &x_9x_3, x_{10}x_3. \end{aligned}$$

Далее, в начале каждой k-й группы символов поставим число, которое указывает на количество символов в этой группе и лексикографически упорядочим группы символов в порядке возрастания этих чисел. Получим:

$$\begin{aligned} &2x_5x_4, 2x_6x_4, 2x_7x_2, 2x_8x_2, 2x_9x_3, 2x_{10}x_3, \\ &4x_1x_2x_3x_4, 4x_2x_1x_7x_8, 4x_3x_1x_9x_{10}, \\ &4x_4x_1x_5x_6. \end{aligned}$$

Используем полученный список для распознавания одинаковости помеченных графов Q. Пусть с помощью генерации случайных чисел получены три реализации размещения вспомогательных операций в вершинах графа G (рис. 3):

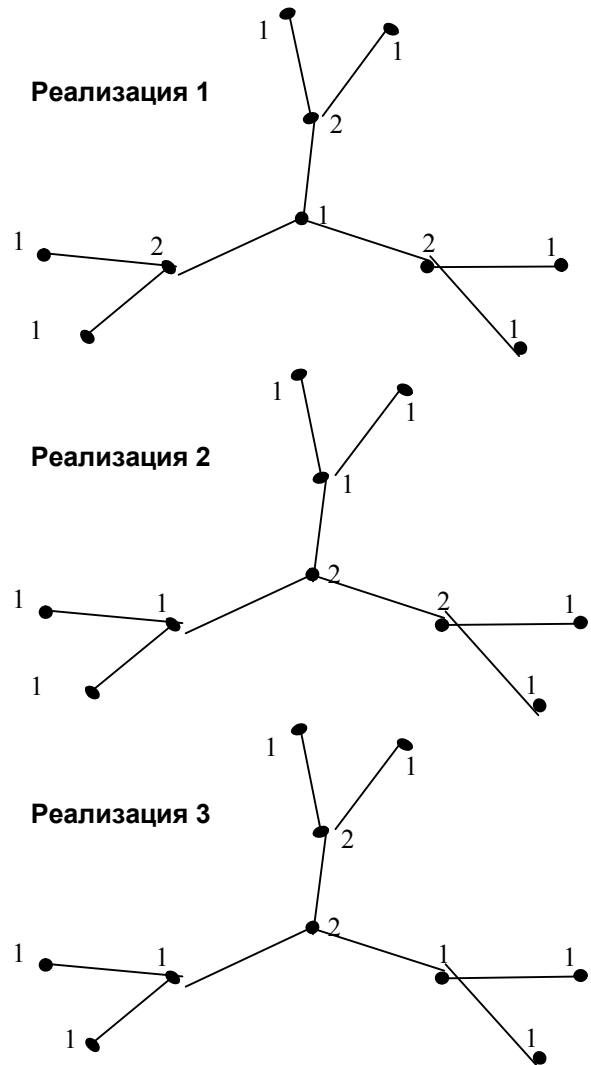


Рис. 3. Помеченные графы

Сформируем с помощью списков представления этих графов:

1. 212, 212, 212, 212, 212, 41222, 42111, 42111, 42111;
2. 212, 212, 211, 211, 211, 211, 42112, 41211, 41211, 42211;
3. 211, 211, 212, 212, 211, 211, 42211, 42211, 41211, 41211.

Лексикографически упорядочим содержимое внутри группы, а затем в самом списке не трогая двух первых позиций в группе (число единиц в строке матрицы смежности графа G и сама вершина, к которой относится группа).

Получим:

1. 212, 212, 212, 212, 212, 212, 42111, 42111, 42111, 41222;
2. 211, 211, 211, 211, 212, 212, 41112, 41112, 42112, 42112;
3. 211, 211, 211, 211, 212, 212, 41112, 41112, 42112, 42112.

Полученные графы 2. и 3. имеют одинаковые списки, поэтому варианты 2. и 3. находятся в одном классе эквивалентности. Заметим, что значения $K=8$ служит для останова процесса построения вариантов. Далее, сравнение и выбор рационального варианта, который соответствует требованиям обеспечения качества вспомогательных операций можно осуществить с учётом трёх возможных показателей: процент брака, стоимость, время.

Заключение

Предложенный подход позволяет на ранних этапах планирования развития распределенного

производства проанализировать возможные варианты архитектуры РПК с учётом логистических требований качества.

Такой же подход можно использовать для анализа возможных вариантов организации основного производственного процесса.

Список литературы

1. Мишин В.М. Управление качеством / В.М. Мишин. – М.: Юнити - Дана, 2005. – 463 с.
2. Никифоров А. Д. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие / А. Д. Никифоров, Т. А. Бакиев. – М.: Выш. шк., 2005. – 422 с
3. ДСТУ ISO 9001 – 2009. Системи управління якістю. Вимоги. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.gereho.dp.ua/index/info_dstu_iso_9001-2009.html
4. Де Брейн Н. Дж. Обзор обобщенной перечислительной теоремы Пойа: пер. с англ. / Н. Дж. Де Брейн // Перечислительные задачи комбинаторного анализа: сб. переводов; под ред. Г.П. Гаврилова. – М.: Мир. – 1979. – С. 229-255
5. Федорович О.Е. Методы и модели принятия решений при управлении сложными производственными комплексами: учеб. пособие / О.Е. Федорович, Н.В. Нечипорук, А.В. Прохоров. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2005. – 234 с.

Поступила в редколлегию 19.05.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

ДОСЛІДЖЕННЯ МНОЖИНИ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВАРІАНТІВ У ЛОГІСТИЦІ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ, ЩО ВИПУСКАЄТЬСЯ

К.О. Западня, Ю.О. Лещенко, С.Т. Шуфані

Аналізується множина рішень по організації основного і допоміжного процесів виробництва для забезпечення вимог логістики і якості. Досліджується топологія розподілених виробничих комплексів (РПК) для перерахування можливих варіантів організації допоміжних операцій (транспортування, складування, контроль і так далі). Дослідження проводяться в два етапи: кількісна оцінка варіантів на основі теорії перерахування; формування (генерування) варіантів. Для відсівання однакових варіантів використовується метод лексикографічного впорядкування. Наведений приклад дослідження РПК нафтовидобутку і транспортування нафти.

Ключові слова: дослідження множини допоміжних операцій в логістиці розподіленого виробництва, забезпечення якості, перерахування альтернативних варіантів.

RESEARCH OF SET OF ALTERNATIVE VARIANTS IN LOGISTICS OF PRODUCTION FOR MAINTENANCE QUALITIES OF LET OUT PRODUCTION

K.O. Zapadnia, Ju.A. Leshchenko, S.T. Shufani

The set of decisions on the organization of the basic and auxiliary processes of manufacture for maintenance of requirements of logistics and quality is analyzed. The topology of the distributed industrial complexes (DIC) for transfer of possible variants of the organization of auxiliary operations (transportation, warehousing, control etc.) is investigated. Researches are spent to two stages: a quantitative estimation of variants on the basis of the transfer theory; formation (generating) of variants. For elimination of identical variants the method of lexicographic ordering is used. The example of research PPK of oil extracting and oil transportation is resulted.

Keywords: research of set of auxiliary operations in logistics of the distributed manufacture, quality maintenance, transfer of alternative variants.