
УДК 638.562:51.65.012

И.В. ЛЕВЫКИН, Е.В. ЛОГВИНЕНКО

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОПИСАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОПЕРАЦИИ ЗАКАЗА И ОБОРУДОВАНИЯ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Предлагается разработка усовершенствованных математических моделей описания характеристик операции заказа и оборудования полиграфического предприятия. Разработанные модели отражают специфические свойства печатных изданий и технологии их производства, а также параметры оборудования полиграфического предприятия. Приведенные модели могут быть использованы для реализации задач планирования и регулирования выполнения заказов и загрузки оборудования полиграфического предприятия.

1. Введение

Выполнение портфеля заказов полиграфического производства состоит в автоматизации процесса составления и редактирования календарного плана выполнения заказов, а также календарного плана загрузки оборудования производственных отделов полиграфического предприятия. Различные варианты постановки и решения задачи календарного планирования для производств дискретного типа (к которому относятся полиграфические предприятия) были предложены в работах В.С. Танаева, В.В. Шкурбы [1], Р.В. Конвейя, В.Л. Максвелла [2], Т.П. Подчасовой [3], М.Х. Прилуцкого [4]. Актуальность исследования заключается в том, что разработанные ранее модели операций и оборудования описывают только общие для дискретного типа производств характеристики этих объектов, которые не являются достаточными для осуществления оптимальных процессов планирования в рамках полиграфического производства.

Целью данного исследования является разработка моделей, параметры которых отражают особенности производства печатных изданий и позволяют использовать их в процессах планирования загрузки оборудования для оптимального выполнения заказов полиграфического предприятия.

2. Разработка математической модели описания характеристик заказа и операции полиграфического предприятия

Для разработки модели введем следующие обозначения: $Z(k) = (z_1, z_2, \dots, z_i, \dots, z_{N^Z(k)})$ – портфель заказов полиграфического предприятия на k – момент их поступления в отдел ПДС, где z_i – i -й заказ портфеля $Z(k)$, а $N^Z(k)$ – количество заказов z_i в портфеле $Z(k)$. При этом $z_i = (O_1^i, O_2^i, \dots, O_j^i, \dots, O_{N^O}^i)$, где O_j^i – j -я операция i -го заказа, а N^O – количество операций в i -м заказе портфеля $Z(k)$.

Каждый заказ z_i портфеля $Z(k)$ описывается набором параметров. Для планирования дискретного производства ключевыми являются такие параметры как время начала выполнения, директивный срок и длительность выполнения i -го заказа портфеля $Z(k)$. Обозначим через S_i^{start} дату начала выполнения, S_i^{finish} – дату окончания, S_i^{direct} – директивный срок выполнения, а i – длительность выполнения i -го заказа портфеля $Z(k)$.

Так как в условиях полиграфического производства выполнение заказа представляет собой последовательное выполнение технологических операций, то длительность его выполнения будет равна сумме длительностей выполнения всех операций данного заказа.

Поскольку технические характеристики оборудования одного цеха могут отличаться, то в зависимости от того, на каком оборудовании будет выполняться соответствующая технологическая операция, длительность ее выполнения будет изменяться. Обозначим длительность выполнения j -й операций i -го заказа портфеля $Z(k)$ на определенном оборудовании цеха $\diamond_j(E_m^n)$, где E_m^n – оборудование m цеха n . Так как для расчета суммарной длительности выполнения заказа необходимо знать время начала и окончания выполнения операций, обозначим $t_j^{i \text{ start}}$ – момент начала выполнения, $t_j^{i \text{ finish}}$ – момент окончания выполнения i -й операции j -го заказа портфеля $Z(k)$.

Следует отметить, что большинство заказов полиграфического производства состоит из нескольких операций, каждая из которых имеет различное значение параметра $t_j^{i \text{ start}}$, поэтому для первой операции заказа z_i будет выполняться равенство $t_j^{i \text{ start}} = S_i^{\text{start}}$.

Специфической особенностью полиграфического производства является тот факт, что при оформлении заказа помимо директивных сроков его выполнения учитывается также максимально возможное превышение этих сроков. Это объясняется характеристиками производимой продукции, а также тем, что из-за сбоев на производстве и перемещения времени выполнения отдельных технологических операций такие ситуации возникают достаточно часто. При превышении запланированных директивных сроков выполнения заказа производитель теряет часть прибыли от заказа. Сумма такой потери также оговаривается заранее. При этом планирование таких потерь позволяет прогнозировать прибыль предприятия. Специфической особенностью заказа является Ex_i – максимально возможное превышение директивных сроков выполнения i -го заказа портфеля S_i^{start} и его приоритет A_i , который представляет собой абстрактный показатель «важности» заказа. В зависимости от модели взаимоотношений с контрагентами приоритет может зависеть от суммы прибыли, получаемой от выполнения заказа, периодичности поступления заказов или сроков сотрудничества с данным контрагентом и т.п. Значение приоритета заказа влияет на планирование производства, так как в первую очередь в календарный план заносят операции заказа с наибольшим приоритетом.

Одними из ключевых параметров для планирования выполнения заказа является его красочность и тираж. От красочности заказа зависит количество необходимых печатных

форм, а также время на приладку печатной машины, а от тиража, в свою очередь, напрямую зависит время выполнения заказа. Также важен формат заказа, так как заказы малого формата могут выполняться на оборудовании большего формата, однако использование малоформатного оборудования для крупноформатных заказов невозможно. Для разработки модели заказа и операции полиграфического предприятия обозначим C_i – красочность, F_i – формат, Tr_i – тираж i -го заказа портфеля $Z(k)$. Следует также учесть, что в полиграфической отрасли разделяют формат, красочность, тираж заказа и операции, поскольку красочность и формат операции могут не совпадать с красочностью и форматом заказа в целом.

С учетом операций обозначим C_j^i – красочность, F_j^i – формат, Tr_j^i – тираж j -й операции i -го заказа портфеля $Z(k)$.

Предлагается ввести параметр субподрядной операции $D_j^i \in (0,1)$, который принимает значение 1, если операция является субподрядной, и 0 – в противном случае.

Поскольку особенностью полиграфической отрасли Украины является наличие различного по времени эксплуатации и техническим характеристикам оборудования, важным параметром операции выступает надежность ее выполнения на данном оборудовании.

Предлагается обозначить надежность выполнения j -й операции i -го заказа R_j^i , которая равна надёжности работы оборудования, на котором она выполняется.

С учетом введенных выше параметров модель описания характеристик заказа полиграфического производства представим так:

$$z_i ((S_i^{start}, S_i^{finish}, S_i^{direct}, (i, Tr_i, Ex_i, A_i, C_i, F_i),$$

а модель описания характеристик операции заказа полиграфического производства выражением:

$$O_j^i \diamond ((\diamond_j^i(E_m^n), t_j^{i, start}, t_j^{i, finish}, C_j^i, F_j^i, Tr_j^i, D_j^i, R_j^i).$$

3. Разработка усовершенствованной математической модели описания характеристик оборудования полиграфического предприятия

Выполнение портфеля заказов требует наличия необходимого количества производственного оборудования. Для разработки математической модели планирования выполнения портфеля заказов полиграфического производства необходимо его техническое оснащение в виде совокупности станков, которые объединены в цеха. Организационную структуру полиграфического предприятия представим множеством цехов $D = (d_1, d_2, \dots, d_n, \dots, d_{N_D})$, где d_n – цех, а N^D – количество цехов предприятия. Цех d_n представляет собой совокупность некоторого количества оборудования – $d_n = (E_1^n, E_2^n, \dots, E_m^n, \dots, E_{N^{E(n)}}^n)$, где E_m^n – оборудование m цеха n , а $N^{E(n)}$ – количество оборудования в n -м цеху. Каждый станок E_m^n цеха d_n описывается набором определенных параметров.

В условиях полиграфического производства оборудование может быть в одном из трех состояний – свободно, работает, находится на профилактическом ремонте. Обозначим состояние $b_m^n \in \overline{(1,3)}$ станка E_m^n в момент времени k .

Таким образом, вектор состояний оборудования полиграфического предприятия можно представить в виде:

$$B_m^n(k) \diamond (b_m^n(k_0), b_m^n(k_0 \diamond 1), \dots, b_m^n(k), \dots, b_m^n(k_0 \diamond K)),$$

где k_0 – момент начала планового периода; K – момент его окончания.

При разработке модели выбора оборудования полиграфического предприятия следует учитывать взаимосвязь технических характеристик заказов (красочность, формат) и оборудования. Обозначим C_m^n – красочность, F_m^n – формат, V_m^n – скорость обработки одной единицы тиража, R_m^n – надежность m -й единицы оборудования цеха d_n .

Поскольку надежность работы оборудования зависит от большого количества различных факторов (продолжительность эксплуатации, наличие или отсутствие аппаратных средств контроля качества продукции), то целесообразным является ее определение с использованием метода экспертных оценок [5].

С учетом предложенных параметров модель описания характеристик оборудования полиграфического предприятия можно представить в виде:

$$E_m^n (B_m^n(k), R_m^n, C_m^n, F_m^n, V_m^n).$$

4. Выводы

Результатом исследования является разработка усовершенствованной математической модели описания характеристик операции заказа полиграфического предприятия, которая учитывает такие параметры, как красочность, формат, тираж, надежность выполнения, субподряд, что соответствует характерным особенностям производства полиграфической продукции.

Также разработана усовершенствованная модель описания характеристик оборудования полиграфического предприятия, которая, в отличие от существующих, учитывает такие характеристики печатных изданий, что позволяет планировать загрузку оборудования и выполнение заказов с учетом специфики технологических процессов полиграфической отрасли.

Литература: 1. *Танаев В.С., Шкурба В.В.* Введение в теорию расписаний. М.: Наука, 1975. 256 с. 2. *Конвей Р.В., Максвелл В.Л., Миллер Л.В.* Теория расписаний. М.: Наука, 1975. 360 с. 3. *Подчасова Т.П., Лагода А.П., Рудницкий В.Ф.* Управление в иерархических производственных структурах. Киев: Наук. думка, 1984. 189 с. 4. *Прилуцкий М.Х., Вяхирев Д.В.* Многостадийные задачи альтернативного распределения ресурсов // Вестник Нижегородского государственного университета. Математическое моделирование и оптимальное управление. 2002. № 25(1). С.224-233. 5. *Мушик Э., Мюллер Г.* Методы принятия технических решений. М.: Мир, 1990. 208 с.

Поступила в редколлегию 11.06.2012

Левыкин Игорь Викторович, канд. техн. наук, доцент кафедры медиасистем и технологий ХНУРЭ. Научные интересы: разработка автоматизированных систем управления полиграфическим предприятием, автоматизация полиграфических процессов Workflow. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. +38 (057) 702-13-78.

Логвиненко Екатерина Витальевна, аспирант кафедры медиасистем и технологий ХНУРЭ. Научные интересы: автоматизация полиграфических процессов Workflow. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. +38 (057) 702-13-78.