

УДК 519.713

**О.А. Криводубский, С.А. Косилов**

Донецкий национальный технический университет, г.Донецк

E-mail: [krivodyubskij@mail.ru](mailto:krivodyubskij@mail.ru)**ЛОГИКО-ФОРМАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ УПОРЯДОЧЕНИЯ  
СЛЯБОВ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОКАТА****Abstract**

**Krivodubskiy O.A., Kosilov S.A. Formal model of the slabs sequencing of the sheet rolled metal planning.** In given work is considered the formal model for decision of the task of the scheduling the production program in the planning and production department of «DMZ l.l.c.» (Donetsk metallurgical plant). The formal model comprises the formation of the parties and the fulfillment of the orders on the base of grouped portfolio. The methods is worked out to formalize logical-formal links between variables with account of the technological limitations of the production. Formed model-structure links between input and output variables can be applicable to object with similar structure.

**Keywords:** formal model, formalization, algorithm, the task of planning, portfolio.

**Анотація**

**Криводубський О.О., Косилов С.О. Логіко-формальна модель впорядкування слябів при плануванні виробництва прокату.** У статті представлена формальна модель розв'язання задачі складання виробничої програми у планово-виробничому відділі ТОВ «ДМЗ», яка моделює формування партій для виконання замовлень на основі згрупованого портфеля замовлень. Викладені методи формалізації логіко-формальних зв'язків між змінними з урахуванням технологічних обмежень виробництва. Сформовані логіко-формальні моделі придатні для застосування до об'єктів з аналогічною структурою.

**Ключові слова:** логіко-формальна модель, формалізація, алгоритм, задача планування, портфель замовлень.

**Аннотация**

**Криводубский О.А., Косилов С.А. Логико-формальная модель упорядочения слябов при планировании производства проката.** В данной работе рассматривается формальная модель решения задачи составления производственной программы в планово-производственном отделе ООО «ДМЗ». Формальная модель включает в себя формирование партий для выполнения заказов на основе сгруппированного портфеля заказов. Разработаны методы формализации логико-формальных связей между переменными с учётом технологических ограничений производства. Сформированные логико-формальные модели могут быть применены к объектам с аналогичной структурой.

**Ключевые слова:** логико-формальная модель, формализация, алгоритм, задача планирования, портфель заказов.

**Общая постановка проблемы.** Одним из путей повышения эффективности листопрокатного производства является использование информационных технологий при разработке производственной программы. Однако, сложность решения задачи планирования в общем виде обусловлена многофакторностью процесса, многочисленными взаимосвязями между типами исходных заготовок и типами промежуточной и конечной продукции. Кроме того, существенным фактором являются технологические особенности конкретного прокатного стана, исходя из которых, на конкретном производстве разрабатываются алгоритмы

планирования, не применимые для планирования производства на другом предприятии. Целью исследования является разработка методики и алгоритмов планирования, применимых для решения задачи планирования к аналогичным листопрокатным производствам независимо от технологических особенностей конкретного прокатного стана.

**Постановка задач исследования.** В данной работе разрабатывается логико-формальная модель для решения задачи составления производственной программы в планово-производственном отделе, которая включает в себя формирование партий и последовательность их задания в прокат на основании сгруппированного портфеля заказов. Для решения задачи необходимо классифицировать переменные и разработать методику формализации логико-формальных связей между входными и выходными переменными с учётом технологических особенностей и ограничений производства, которая будет применима к ряду объектов с аналогичной структурой. На основании разработанной методики представить в общем виде систему ограничений и сформировать модель-структуру взаимосвязи входных и выходных переменных.

**Анализ исследований и публикаций.** В существующих исследованиях проблемы предлагаются отдельные решения для конкретных листопрокатных производств как систем с детерминированными характеристиками [1–2], однако универсальное решение до сих пор не предложено. Общая методика планирования для подобных систем с детерминированными характеристиками излагается в [3]. Основы алгебры предикатов, которые могут быть использованы при формализации взаимосвязей между переменными и для представления базы данных процесса изложены в [4].

**Решение задач и результаты исследований.** Производство организовано таким образом, что выполнение заказов осуществляется партиями. В каждой партии последовательно прокатывают листы одинаковой марки стали и одинакового размера. В данной работе необходимо на основании сгруппированного портфеля заказов сформировать производственную программу, которая включает в себя партии и последовательность их задания в прокат. Для решения этой задачи следует:

- классифицировать переменные, характеризующие второй этап планирования;
- установить логико-формальную связь этих переменных с переменными первого этапа планирования, с технологическими особенностями и технологическими ограничениями производства;
- представить в общем виде систему ограничений;
- сформировать модель-структуру взаимосвязи входных и выходных переменных.

При классификации переменных входными переменными являются: портфель заказов  $PL$ , содержащий характеристики заказанных листов; множество заготовок — слябов  $MZ$ , содержащее характеристики слябов  $SM_n$ , которое сформировано на основании группировки портфеля заказов по типоразмеру заказанных листов, где  $n = \overline{1; n1}$  — номер группы. Выходными переменными является множество  $S$  задаваемых в производство партий слябов:

$$S = \bigcup_{l=1}^{l1} \bigcup_{c=1}^{c1} SM_{l,c} \tag{1}$$

где  $SM_{l,c}$  — партии мерных слябов,  $l$  — порядковый номер кампании валков, в которой прокатывается партия,  $c$  — порядковый номер партии в кампании валков

При установлении логико-формальной связи между входными и выходными переменными, будем исходить из того, что технологические особенности и технологические ограничения процесса определяют правила, на основании которых в планово-производственном отделе из множества  $MZ$  слябов (входных переменных) формируется множество  $S$  слябов для задания в производство (выходные переменные). Поэтому формализуем особенности и ограничения в виде логико-формальных моделей, на основании которых выполним преобразование входных переменных  $SM_n$  в выходные  $SM_{l,c}$ . Выделим четыре этапа преобразования входных наборов слябов:

– Разбиение входных наборов  $SM_n$  на партии. Построим логико-формальную модель, подчинённую ограничению  $P_1$  на предельно допустимую массу партии, которая определяет правило разбиения наборов  $SM_n$  слябов, поступающих из мартеновского цеха, на партии  $SM_{n,r}$  слябов для задания в производство (где  $r = \overline{1; rI_n}, rI_n$  — количество разбиений набора  $SM_n$ );

– Объединение партий  $SM_{n,r}$  в группы. Установим для каждой из полученных партий кампанию валков, в которой партия будет задаваться в производство: построим логико-формальную модель, подчинённую ограничению  $P_2$  (на предельно допустимую массу металла, прокатываемого в кампании валков) и  $P_3$  (на предельно допустимую сумму масс партий с одинаковым профилем заказанного листа для кампании валков). На основании этих моделей объединим полученные партии в группы  $GS_l$  (где  $l = \overline{1; lI}, lI$  — количество групп) для прокатки каждой группы в одной кампании валков;

– Упорядочение партий  $SM_{n,r}$  в каждой из групп  $GS_l$ , обусловленное ограничениями  $P_4$  на последовательность выполнения заказов с разной шириной листа в течение кампании валков,  $P_5$  на разность масс кратного сляба предыдущей и последующей партии,  $P_6$  на массу металла, которую необходимо прокатать в кампании валков перед прокаткой профиля. Построим логико-формальные модели, подчинённые ограничениям  $P_4, P_5, P_6$ , на основании которых упорядочим партии в каждой из групп;

– Установим порядок задания в производство групп  $GS_l$ , обусловленный ограничением  $P_5$  на разность масс кратного сляба предыдущей и последующей партии; построим логико-формальную модель, подчинённую ограничению  $P_5$  и на основании её упорядочим группы партий.

На первом этапе сформируем логико-формальную модель формирования партий  $SM_{n,r}$  на основании ограничения  $P_1$ . Ограничение  $P_1$  устанавливает, что для предотвращения выработки валков и получения бракованного проката с высокой разнотолщинностью, при прокатке в партии листов одного из стандартных профилей  $(H_s, B_s)$ , масса партии не должна превышать величину  $MTI_s$ , а при прокатке в партии листов остальных профилей, масса партии не должна превышать 180 тонн.

Формализуем  $P_1$  в виде формулы алгебры предикатов:

$$P_1(SM_{n,r}) = \forall s [P_1^1(SM_n, s) \Rightarrow P_1^2(MSM_{n,r}, s)] \wedge P_1^3(MSM_{n,r}) \quad (2)$$

где: – предикат  $P_1^1$  устанавливает, что толщина  $H_n$  и ширина  $B_n$  листа заказа партии  $SM_{n,r}$  совпадает, соответственно, со стандартной толщиной  $H_s$  и шириной  $B_s$  листа одного из стандартных профилей  $s$ :

$$P_1^1(SM_n, s) = (H_n = H_s) \wedge (B_n = B_s) \quad (3)$$

– предикат  $P_1^2$  устанавливает ограничение на массу  $MMSM_{n,r}$  партии  $SM_{n,r}$  при прокатке в партии листов одного из стандартных профилей  $s$ :

$$P_1^2(MSM_{n,r}, s) = MMSM_n \leq MTI_s \quad (4)$$

– предикат  $P_1^3$  устанавливает ограничение на массу  $MMSM_{n,r}$  партии  $SM_{n,r}$  при прокатке в партии листов нестандартных профилей:

$$P_1^3(MSM_n) = MSM_n \leq 180\,000 \quad (5)$$

На основании логико-формальной модели (2)–(5), подчинённой ограничению  $P_1$ , полным разбиением по массе наборов  $SM_n$  слябов на партии слябов  $SM_{n,r}$ , разбивая массу  $MMG_n^4$  всех слябов набора  $SM_n$  в последовательность масс  $MSM_{n,r}$  партий  $SM_{n,r}$ :

$$\begin{aligned} \forall n = \overline{1; n1} \\ SM_n = \bigcup_{r=1}^{r1_n} SM_{n,r}, MMG_n^4 = \sum_{r=1}^{r1_n} MSM_{n,r} \\ \forall SM_{n,r} \quad P_1^1(SM_{n,r}) = 1 \end{aligned} \quad (6)$$

где каждая из масс  $MSM_{n,r}$  может принимать значения, кратные массе одного сляба:

$$MSM_{n,r} = i \bullet MM_n, i \text{ — шаг кратности} \quad (7)$$

Таким образом, на первом этапе в производственный отдел представляется разбиение входных наборов слябов в виде (8), где  $SM_{n,r}(P_1)$  — партии, полученные разбиением входных наборов  $SM_n$  на основании логико-формальной модели, подчинённой ограничению  $P_1$ :

$$SMI_n = \bigcup_{r=1}^{r1_n} SM_{n,r}(P_1) \quad \forall n = \overline{1; n1} \quad (8)$$

На втором этапе сформируем логико-формальную модель, подчинённую ограничению  $P_2$  (которое устанавливает, что для предотвращения получения бракованного проката в течение кампании валков прокатывают не более 180 тонн металла) в виде (9):

$$\begin{aligned} \forall l = \overline{1; l1} \\ P_2(SM_{l,n,r}) = P_1^3\left(\sum_{n,r} MSM_{l,n,r}\right) \end{aligned} \quad (9),$$

а логико-формальную модель, подчинённую ограничению  $P_3$  (устанавливающему, что для предотвращения получения бракованного проката в течение кампании валков сумма масс партий каждого из стандартных профилей  $(H_s, B_s)$ , не должна превышать величину  $MTI_s$ ) сформируем в виде (10):

$$\begin{aligned} \forall l = \overline{1; l1} \\ P_3(SM_{l,n,r}) = \forall s, n, r \left[ P_1^1(SM_{l,n,r}, s) \Rightarrow P_1^4(MSM_{l,n,r}, s) \right] \end{aligned} \quad (10),$$

где предикат  $P_1^4$  устанавливает, что в каждой кампании валков сумма масс  $MSM_{l,n,r}$  партий, при прокатке которых получают лист стандартного профиля  $S$ , не должна превышать величину  $MTI_s$ :

$$P_1^4(MSM_{l,n,r}, s) = \sum_{n,r} MSM_{l,n,r} \leq MTI_s \quad (11)$$

На основании логико-формальных моделей (9)–(11), подчинённых ограничениям  $P_2, P_3$ , объединим партии  $SM_{n,r}$  в группы  $GS_l$ :

$$\begin{aligned} \bigcup_{n,r} SM_{l,n,r} = GS_l, GS_l \subset S, S = \bigcup_{l=1}^{l1} GS_l \\ \forall SM_{l,n,r} \quad P_2(SM_{l,n,r}) \wedge P_3(SM_{l,n,r}) = 1 \end{aligned} \quad (12)$$

Таким образом, на втором этапе в производственный отдел представляется объединение партий слябов в виде (13), где  $SM_{l,n,r}(P_2, P_3)$  — партии, объединённые в группы  $GS_l$  на основании логико-формальных моделей, подчинённых ограничениям  $P_2, P_3$ :

$$SM 2_l = \bigcup_{n,r} SM_{l,n,r}(P_2, P_3) \quad \forall l = \overline{1;l}$$
 (13)

На третьем этапе сформируем логико-формальную модель, подчинённую ограничению  $P_4$  (устанавливающему, что в течение кампании валков выполняют вначале заказы с большей шириной  $B_{l,c-1}$  листа, затем с меньшей  $B_{l,c}$ ) в виде (14), обозначив упорядоченные партии  $SM_{l,c}$ ,  $c$  — порядковый номер задания в производство партии в  $l$ -й кампании валков):

$$P_4(SM_{l,c}) = \forall l, c \frac{B_{l,c}}{B_{l,c-1}} \leq 1$$
 (14)

Логико-формальную модель, подчинённую ограничению  $P_5$  (устанавливающему, что для предотвращения перегрева слябов в нагревательных печах, масса  $MS_{l,c}$  кратного сляба последующей партии не должна отличаться от массы  $MS_{l,c-1}$  кратного сляба предыдущей партии более, чем на 600 кг.) сформируем в виде (15):

$$P_5(SM_{l,c}, SM_{l,c-1}) = \forall l, c |MS_{l,c} - MS_{l,c-1}| \leq 600$$
 (15)

Логико-формальную модель, подчинённую ограничению  $P_6$  (устанавливающему минимально допустимую массу металла, которую следует прокатать в кампании рабочих валков клетки «кварто» до начала прокатки стандартного профиля  $S$ ) сформируем в виде (16):

$$P_6(SM_{l,c}) = \forall s, l, c [P_1^l(SM_{l,c}, s) \Rightarrow P_1^5(SM_{l,c}, s)]$$
 (16)

где предикат  $P_1^5$  устанавливает, что для предотвращения получения брака сумма масс партий мерных слябов, прокатанных в кампании валков до начала прокатки стандартного профиля  $S$  должна быть не меньше величины  $MT 2_s$ :

$$P_1^5(SM_{l,c}, s) = \forall l, c \sum_{c1=1}^{c-1} MSM_{l,c1} \geq MT 2_s$$
 (17)

В зависимости от позиций, содержащихся в портфеле заказов, установим иерархию правил применения логико-формальных моделей (14)–(17) для упорядочения партий  $SM_{l,c}$  в каждой из групп  $GS_l$ :

1. Первый уровень иерархии. Если портфель заказов содержит позиции, позволяющие выполнить упорядочение во всех группах  $GS_l$  на основании всех трёх логико-формальных моделей (14)–(17), то правило упорядочения партий в группах  $GS_l$  для этой ситуации установим согласно (18), обозначив это правило как предикат  $PI_1$ :

$$PI_1(SM_{l,c}) = P_4 \wedge P_5 \wedge P_6$$
 (18)

Выполним упорядочение согласно (19):

$$\forall l, n, r \exists c : SM_{l,c} = SM_{l,n,r}, SM_{l,n,r} \in GS_l, \forall SM_{l,c} PI_1(SM_{l,c}) = 1$$
 (19)

2. Второй уровень иерархии. Если портфель заказов содержит позиции, позволяющие выполнить упорядочение в некоторых группах  $GS_l$  на основании логико-формальной моде-

ли (14)–(15), подчинённой ограничению  $P_4$  и существуют группы  $GS_{li}$ , в которых упорядочение на основании логико-формальных моделей (16)–(17), подчинённых ограничениям  $P_5$  или  $P_6$ , не выполнимо:

$$\exists li, c : \overline{P_5}(SM_{li,c}) \vee \overline{P_6}(SM_{li,c}) = I \quad (20)$$

Тогда правило упорядочения партий в группах  $GS_l$  для этой ситуации установим согласно (21), обозначив это правило как предикат  $PI_2$ :

$$PI_2(SM_{li,c}) = P_4 \wedge (\overline{P_5} \vee \overline{P_6}) \quad (21)$$

и выполним упорядочение согласно (22):

$$\forall n, r \exists c : SM_{li,c} = SM_{li,n,r}, SM_{li,n,r} \in GS, \forall SM_{li,c} PI_2(SM_{li,c}) = I \quad (22)$$

Поскольку портфель заказов может содержать такие позиции, что возможно несколько вариантов упорядочения партий согласно  $PI_2$  в каждой из таких групп  $GS_{li}$ . Обозначим все варианты упорядочения группы  $GS_{li}$  как  $SM_{li,c}^m(PI_2)$ . Предпочтение отдадим тому из вариантов (обозначим его  $SM_{li,c}(PI_2)$ ), при котором сумма масс партий группы  $GS_{li}$ , для которых не выполняется ограничение  $P_5$  или  $P_6$  будет минимальна:

$$\forall li : SM_{li,c}(PI_2) \Leftrightarrow \sum_c MSM_{li,c} = \min_m \sum_c MSM_{li,c}^m \quad (23)$$

$$li, c : \overline{P_5}(SM_{li,c}) \vee \overline{P_6}(SM_{li,c}) = I$$

Для формирования производственной программы партии  $SM_{li,ci}$ , не удовлетворяющие ограничению  $P_5 \vee P_6$  в упорядоченных группах  $GS_{li}$ , исключим из групп  $GS_{li}$ :

$$\forall li, ci : \overline{P_5}(SM_{li,ci}) \vee \overline{P_6}(SM_{li,ci}) = I \Rightarrow \forall c > ci SM_{li,c} = SM_{li,c-1} \quad (24)$$

и организуем для прокатки таких партий  $SM_{li,ci}$  дополнительные кампании валков (дополнительные группы  $GS_l$ ). Для определения последовательности задания таких партий  $SM_{li,ci}$  в прокат аналогично (9)–(12) выполним их объединение в дополнительные группы на основании логико-формальных моделей, подчинённых ограничениям  $P_2, P_3$ :

$$\bigcup_{i=1}^{il} GS_{l+i} = \bigcup_{li,ci} SM_{li,ci}(P_2, P_3), \quad il \text{ — количество дополнительных групп,} \quad (25)$$

затем на основании логико-формальных моделей, подчинённых ограничениям  $P_4 - P_6$ , упорядочим эти партии согласно (14)–(17) в каждой из дополнительных групп  $GS_l$ :

$$\bigcup_{li,ci} SM_{li,ci} = \bigcup_{i=1}^{il} SM_{l+i,c}(PI_1), c = \overline{l}; c \overline{l} \quad (26)$$

Будем формировать дополнительные группы согласно (18)–(19) до тех пор, пока не получим все группы, в которых все партии упорядочены согласно  $PI_l$  (первому уровню иерархии правил упорядочения). Таким образом, согласно приведенным рассуждениям, на третьем этапе в производственный отдел представляются упорядоченные партии  $SM_{l,c}$  мерных слябов в следующем виде:

$$\bigcup_{n,r} SM3_{l,n,r} = \bigcup_{c=1}^{c_l} SM_{l,c}(PI_1) \quad \forall l = \overline{1; l+1} \quad (27)$$

На четвертом этапе для установления порядка задания в прокат сформированных групп  $GS_l$  на основании сформированной логико-формальной модели (15), подчинённой ограничению  $P_5$  упорядочим группы  $GS_l$ :

$$\bigcup_{l=1}^{l+1} GS_l = \bigcup_{l=1}^{l+1} GS_l(P_5) \quad (28)$$

На четвертом этапе в производственный отдел представляются упорядоченные группы  $GS_l$  партий мерных слябов в следующем виде:

$$\bigcup_{l=1}^{l+1} SM4_l = \bigcup_{l=1}^{l+1} GS_l(P_5) \quad (29)$$

Итак, на основании четырёх этапов преобразования (согласно технологическим особенностям и ограничениям) входных наборов  $SM_n$  мерных слябов, поступающих из мартеновского цеха, получена последовательность партий  $SM_{l,c}$  мерных слябов для задания в производство. Совокупность партий  $SM_{l,c}$ , сгруппированных в группы  $GS_l$ , объединим в множество всех партий мерных слябов в текущем месяце:

$$S = \bigcup_{l=1}^{l+1} GS_l(P_5) = \bigcup_{l=1}^{l+1} \bigcup_{c=1}^{c_l} SM_{l,c}(P_4, P_5, P_6) \quad (30)$$

Логико-формальную модель преобразования на основании технологических особенностей и ограничений наборов  $SM_n$  мерных слябов, поступающих из мартеновского цеха, в последовательность партий  $SM_{l,c}$  мерных слябов для задания в производство представим в виде:

$$\begin{aligned} SM_n &= \bigcup_{r=1}^{r_l} SM_{n,r}(P_1) \quad \forall n = \overline{1; n_l}, \quad GS_l = \bigcup_{n,r} SM_{l,n,r}(P_2, P_3) \quad \forall l = \overline{1; l_l} \\ \forall l &= \overline{1; l_l} \\ \bigcup_{n,r} SM_{l,n,r} &= \left[ \begin{aligned} &\bigcup_{c=1}^{c_l} SM_{l,c}(PI_1) \text{ npu } l : \forall c = \overline{1; c_l} \quad PI_1(SM_{l,c}) = 1 \\ &\bigcup_{c=1}^{c_l} SM_{l,c}(PI_2) \text{ npu } l : \exists ci : \overline{P_5}(SM_{l,ci}) \vee \overline{P_6}(SM_{l,ci}) = 1 \end{aligned} \right. \\ SM_{l,c}(PI_2) &\Leftrightarrow \sum_c MSM_{l,c} = \min_m \sum_c MSM_{l,c}^m \\ \forall l, ci : & \left[ \overline{P_5}(SM_{l,ci}) \vee \overline{P_6}(SM_{l,ci}) = 1 \right] \Rightarrow (\forall c > ci \quad SM_{l,c} = SM_{l,c-1}) \wedge \\ (\bigcup_{i=1}^{i_l} GS_{l+i} &= \bigcup_{l,ci} SM_{l,ci}(P_2, P_3)) \wedge (\bigcup_{l,ci} SM_{l,ci} = \bigcup_{i=1}^{i_l} SM_{l+i,c}(PI_1) \quad \forall c = \overline{1; c_{l+i}}) \\ \bigcup_{l=1}^{l+i_l} GS_l &= \bigcup_{l=1}^{l+i_l} GS_l(P_5) \end{aligned} \quad (31)$$

Систему логико-формальных моделей, подчинённых ограничениям  $P_1 - P_6$  представим в виде:

$$\begin{aligned}
 &\forall n = \overline{1; n1}, r = \overline{1; r1}_n \\
 &P_1(SM_{n,r}) = \forall s \left[ P_1^l(SM_n, s) \Rightarrow P_1^2(MSM_{n,r}, s) \right] \wedge P_1^3(MSM_{n,r}) \\
 &P_2(SM_{l,n,r}) = P_1^3(\sum_{n,r} MSM_{l,n,r}) \quad \forall l = \overline{1; l1} \\
 &P_3(SM_{l,n,r}) = \forall s, n, r \left[ P_1^l(SM_{l,n,r}, s) \Rightarrow P_1^4(MSM_{l,n,r}, s) \right] \forall l = \overline{1; l1} \\
 &P_4(SM_{l,c}) = \frac{B_{l,c}}{B_{l,c-1}} \leq 1 \quad \forall l = \overline{1; l1}, \forall c = \overline{1; c1}_l \\
 &P_5(SM_{l,c}, SM_{l,c-1}) = |MS_{l,c} - MS_{l,c-1}| \leq 600 \quad \forall l = \overline{1; l1}, \forall c = \overline{1; c1}_l \\
 &P_6(SM_{l,c}) = \forall s, l, c \left[ P_1^l(SM_{l,c}, s) \Rightarrow P_1^5(SM_{l,c}, s) \right] \\
 &PI_1(SM_{l,c}) = P_4 \wedge P_5 \wedge P_6, \quad PI_2(SM_{ll,c}) = P_4 \wedge (\overline{P_5} \vee \overline{P_6}) \\
 &PI_1(SM_{l,c}) \succ PI_2(SM_{l,c}) \tag{32}
 \end{aligned}$$

где:  $P_1^l(SM_n, s) = (H_n = H_s) \wedge (B_n = B_s)$ ,  $P_1^2(MSM_{n,r}, s) = MSM_n \leq MT1_s$

$$P_1^3(MSM_n) = MSM_n \leq 180\,000, \quad P_1^4(MSM_{l,n,r}, s) = \sum_{n,r} MSM_{l,n,r} \leq MT1_s$$

$$P_1^5(SM_{l,c}, s) = \forall l, c \sum_{cl=1}^{c-1} MSM_{l,cl} \geq MT2_s \tag{33}$$

В производственный отдел преобразование входных наборов мерных слябов представляется в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 SM1_n &= \bigcup_{r=1}^{r1_n} SM_{n,r}(P_1) \quad \forall n = \overline{1; n1} & SM2_l &= \bigcup_{n,r} SM_{l,n,r}(P_2, P_3) \quad \forall l = \overline{1; l1} \\
 \bigcup_{n,r} SM3_{l,n,r} &= \bigcup_{c=1}^{c1_l} SM_{l,c}(PI_1) \quad \forall l = \overline{1; l1+i} & \bigcup_{l=1}^{ll+i} SM4_l &= \bigcup_{l=1}^{ll+i} GS_l(P_5) \tag{34}
 \end{aligned}$$

**Выводы.** Логико-формальные модели, которые являются составной частью информационных технологий, упрощают создание ассоциативных связей между объектами и логическую организацию информации об объекте в базе данных и базе знаний. Предлагаемая в данной работе методика позволяет формализовать преобразование переменных, а разработанные логико-формальные связи дают возможность сформировать производственную программу при любом портфеле заказов с учётом технологических особенностей производства.

### Литература

1. Клименко В.М. Технология прокатного производства. — К.: Высшая школа, 1989. — 311 с.
2. Конвей Р.В., Максвелл В.Л., Миллер Л.В. Теория расписаний. — М.: Наука, 1975. — 360 с.
3. Г.К.Гудвин, С.Ф.Гребе, М.Э.Сальгадо. Проектирование систем управления. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. — 911 с.
4. Скобелев В.Г. Локальные алгоритмы на графах. — Донецк, 2003. — 217 с.

Здано в редакцію:  
16.02.2009р.

Рекомендовано до друку:  
д.т.н, проф. Зорі А.А.