

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЪЕМНЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО И ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В статье рассматривается процесс обработки заказа клиента, начиная с поступления на предприятие и заканчивая формированием объемного задания. Разработана математическая модель формирования объемных заданий для различных переделов производства с учетом группировки, зависящей от специфики передела. Для проверки модели использовались заказы сортопрокатного производства, на выходе получены объемные задания на производство.

Математическая модель объемных заданий, объемные производственные задания, группировка объемных заданий, планирование производства, выполнение заказов.

The article discusses processing of the order of the client from the moment when the receipt on the enterprise is considered to formation of the volume task. The mathematical model of formation of volume tasks is developed for various repartitions of manufacture taking into account grouping depending on specificity of repartition. For model check orders for rolling manufactures were used, as a result, volume tasks for manufacture are received.

Mathematical model of volume tasks, volume production tasks, group of volume tasks, production planning, implementation of orders.

Введение

Вопросы планирования в металлургической отрасли являются актуальными. Последний кризис в глобальной экономике отразился и на металлургических предприятиях, цены на готовую продукцию снижаются, спрос падает. Спецификой металлургической отрасли являются длительные производственные циклы и большой объем запасов, незавершенного производства, напрямую влияющий на оборотные средства предприятия. Чтобы оставаться эффективными, предприятиям приходится оптимизировать свои системы планирования с целью минимизации запасов до приемлемых объемов.

Производственная цепочка на металлургическом предприятии может быть достаточно длинной, при этом перед каждым переделом имеется запас, необходимый для стабильной загрузки оборудования с учетом возможных перебоев с поставкой полуфабриката с предыдущих переделов. Суммарно эти запасы выливаются в большой объем незавершенного производства. Вся продукция выпускается под заказ, к годному металлу предъявляют большое количество требований. При несоответствии требованиям металл может быть переназначен в другой заказ, но изначальный заказ может быть не выполнен. Поскольку цепочка производства может быть достаточно длинной, включать в себя прохождение нескольких цехов, прокатку на нескольких станах, то при возникновении или обнаружении дефектов на последнем переделе может возникнуть необходимость прохождения всей цепочки или ее части заново. В производство будет задан уже новый объем, подходящий по всем параметрам для выполнения данного заказа, имеющийся на текущем переделе либо более ранних переделах с необходимой доработкой [1].

Таким образом, определение необходимого запаса на промежуточных переделах – важная задача,

которая должна учитывать некоторую долю неопределенности – поломки оборудования, получение несоответствующей продукции на производстве. На этапе планирования необходимо оценить объем продукции для загрузки последующих агрегатов таким образом, чтобы запас на складе пополнялся своевременно, а склад не переполнялся. Поскольку на складе полуфабриката хранятся заготовки различных типов и марок, то необходимо понимать, какой объем и тип заготовок потребуется в ближайшее время.

В настоящий момент существует большое количество систем, выполняющих функции планирования. Оценка эффективности их использования затруднена вследствие большой специфичности каждого конкретного производства и самой системы [2]. Тем не менее, можно отметить, что часть заказов не выполняется в заявленный срок, что приводит к срыву отгрузки, следовательно, задача разработки моделей планирования производства остается актуальной.

Основная часть

Для решения задачи планирования необходимо разработать математическую модель, описывающую процесс, начиная с поступления заказа, производства полуфабриката (ПФ) и заканчивая формированием задания на отгрузку готовой продукции (ГП). В общем виде выполнение заказа представлено на функциональной схеме (рис. 1). Пунктирными стрелками обозначены информационные потоки, сплошными стрелками – материальные.

Отдел сбыта принимает заказы. После поступления заказа производится поиск наличия соответствующей готовой продукции, если необходимого объема не найдено, то заказ поступает в информационную систему планирования производства. Алгоритм выполнения заказа представлен на рис. 2.

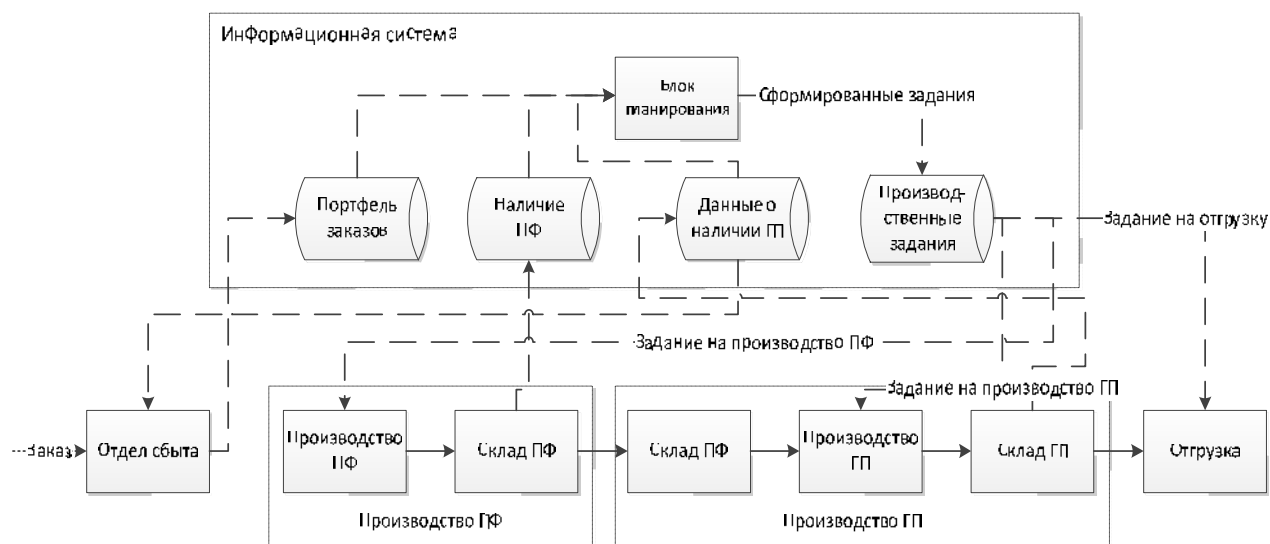


Рис. 1. Функциональная схема выполнения заказа

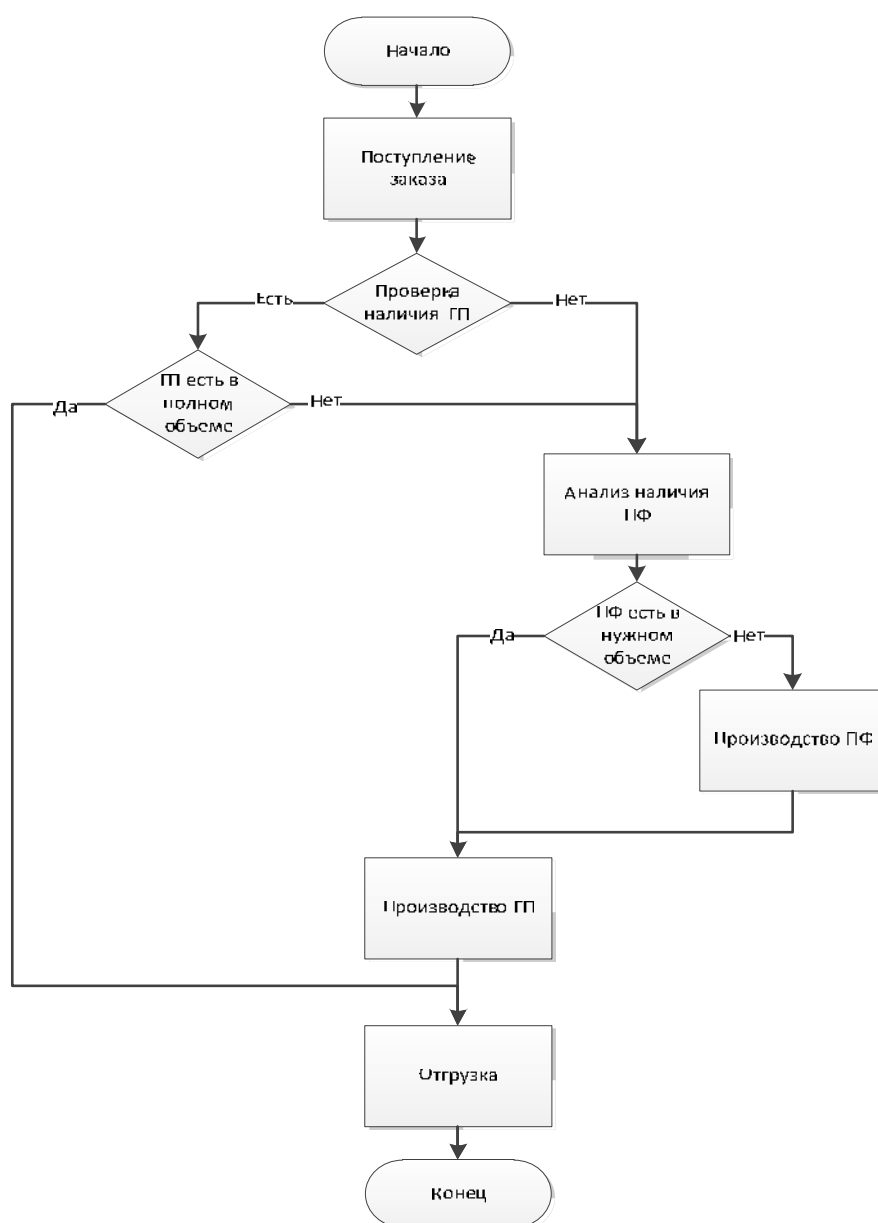


Рис. 2. Алгоритм выполнения заказа

После завершения приема заказов от клиентов на следующий период планирования производства начинается формирование производственных планов и расписаний. Производится анализ наличия полуфабриката на складах. Каждый отдельный заказ клиента может иметь небольшой объем, а выплавка производится большими кратными объемами. Разница между потребностью и наличием полуфабриката соответствующего типа и марки и есть объем, который необходимо произвести. После определения этого объема строится последовательность выплавки каждой марки с учетом загрузки последующих цехов. Таким образом, несколько заказов клиентов со схожими параметрами необходимо сгруппировать в одну выплавку.

На производстве готовой продукции строится план прокатки с учетом времени поступления полуфабриката нужной марки и наличия этого полуфабриката на собственном складе заготовок. Задания на производство группируются по геометрическим параметрам: профилю, ширине и толщине. Одно задание на прокатку может объединять несколько заказов клиентов с одинаковыми параметрами.

В реальных условиях на каждом производстве выполняется гораздо больше производственных операций. Например, в зависимости от типа производимой продукции перед подачей заготовок на стан может потребоваться порезка и зачистка, а непосредственно перед подачей заготовки на стан выполняется нагрев заготовок в печах. После прокатки на стане продукция может быть порезана в размер, требуемый потребителем. В каждом конкретном случае цепочка технологических операций может отличаться, это зависит от требуемого вида продукции.

Сроки отгрузки готовой продукции устанавливаются в спецификации при принятии заказа, таким образом, вся производственная цепочка должна быть выполнена в планируемый срок, для этого требуется согласованное выполнение объемов производственных планов на всех переделах производства, в основе которых лежат объемные задания на производство [3].

Для определения требуемых объемов производства разработаем математическую модель формирования объемных заданий.

Пусть на производство поступают заказы Z_i , где $i \in [1..n]$, где n – количество заказов.

Каждый заказ определяется набором параметров. Основными параметрами являются – масса, марка стали, профиль:

$$Z_i = \{zm_i, zmr_i, zpr_i\},$$

где zm_i – масса заказа i на марку $zmr_i \in MR$ с профилем $zpr_i \in PR$. MR – множество марок, PR – множество профилей.

На складе готовой продукции имеются партии свободного запаса S_j , где $j \in [1..m]$, где m – количество партий свободного запаса. Каждая партия свободного запаса определяется набором параметров, также содержащих массу, марку, профиль:

$$S_j = \{sm_j, smr_j, spr_j\},$$

где sm_j – масса партии свободного запаса готовой продукции j марки $smr_j \in MR$ с профилем $spr_j \in PR$.

Сгруппируем заказы по параметрам, получим k уникальных наборов марки и профиля.

$$GZ_k = \{gzm_k = \sum_{i=1}^n zm_i \mid \begin{matrix} zmr_i = gzm_r \\ zmp_i = gzm_p \end{matrix}, gzm_r, gzm_p\}. \quad (1)$$

Аналогично группируются партии свободного запаса готовой продукции. Пусть имеется t количество партий свободного запаса с уникальными наборами марки и профиля.

$$GS_t = \{gsm_t = \sum_{j=1}^m sm_j \mid \begin{matrix} smr_j = gsm_r \\ smp_j = gsm_p \end{matrix}, gsm_r, gsm_p\}. \quad (2)$$

Необходимо произвести объем продукции V_x , равный разности объемов заказа и свободного запаса готовой продукции при соответствии марки и профиля с учетом sz_x – страхового запаса плавки нужной марки, зависящий от расходного коэффициента профиля.

$$V_x = \{v_x = \sum_{k=1}^l gzm_k - \sum_{t=1}^p gsm_t + sz_x \mid \begin{matrix} gzm_r = gsm_r \\ gzm_p = gsm_p \end{matrix}, vm_x, vp_x\}. \quad (3)$$

Далее необходимо проверить запасы незавершенного производства N , характеризуемого массой и маркой. Пусть имеется g партий незавершенного производства $N_g = \{n_g, nm_g\}$.

Определим массы VP_q , которые необходимо выплавить.

$$VP_q = \{vp_q = v_x - n_g \mid vm_x = nm_g, vpm_q\}. \quad (4)$$

Формулы (1)–(4) описывают математическую модель формирования объемных заданий для одного периода планирования. Формула (1) определяет объем продукции для отгрузки, формула (2) определяет наличие готовой продукции на складе, формула (4) определяет объем выплавки и требуемых для этого ресурсов, а формула (3) – объем прокатки.

После поступления полуфабриката в прокатный цех начинается процесс прокатки. Для этого должны быть выданы задания R на прокатку конкретного профиля из марки, соответствующей заказу.

На основании VP_q строится график выплавки и разлива, согласованный с графиком прокатного цеха, построенном на основании V_x [4].

Для проверки модели возьмем данные по заказам для сортопрокатного производства. После группировки заказов по формулам (1) и (3) получим табл. 2 суммарной массы заказов и наличию готовой продукции на складе. Исходя из данных табл. 1, получаем объем готовой продукции, который необходимо произвести.

После определения объема наличия полуфабриката по формуле (4) определим объем полуфабрика-

та, который необходимо произвести (табл. 3).

Таблица 1

Заказы для сортопрокатного производства

№	Марка	Профиль	Размер профиля, мм	Масса заказа, т
1	ШЗ	ШАРЫ СТ.	60	140
2	ШЗ	ШАРЫ СТ.	60	120
3	DC01	КРУГ	11	200
4	DC01	КРУГ	11	400
5	DC01	КРУГ	8	350
6	SAE1008	КРУГ	8	40
7	SAE1015	КРУГ	11	50
8	SAE1015	КРУГ	6.5	150
9	A12	КРУГ	6.5	20
10	A400C	ДЛЯ АРМИР	10	820
11	CB-08Г2С	КРУГ	6.5	450
12	СТ1ПС	КРУГ	11	15
13	СТ1ПС	КРУГ	6	1550
14	СТ1ПС	КРУГ	6	1000
15	СТ1ПС	КРУГ	6.5	771
16	СТ1ПС	КРУГ	8	130
17	СТ1СП	КРУГ	6	4968
18	СТ1СП	КРУГ	6	3000
19	СТ1СП	КРУГ	6.5	456
20	СТ3ПС	КРУГ	8	204
21	СТ3СП	ДЛЯ АРМИР	10	884
22	ШХ15-В	КРУГ	11	10
23	20	КРУГ	8	30
24	25Г2С	ДЛЯ АРМИР	10	250
25	25Г2С	ДЛЯ АРМИР	6	40
26	25Г2С	ДЛЯ АРМИР	8	274
27	35	КРУГ	10	20
28	B500B	ДЛЯ АРМИР	16	1622
29	СТ0	УГОЛОК Р/П	25X25X3	20
30	СТ0	УГОЛОК Р/П	32X32X4	47
31	СТ3ПС	УГОЛОК Р/П	25X25X4	30
32	СТ3ПС	УГОЛОК Р/П	32X32X3	18
33	СТ3СП	УГОЛОК Р/П	25X25X3	62
34	СТ3СП	УГОЛОК Р/П	25X25X4	142
35	СТ3СП	УГОЛОК Р/П	32X32X3	259
36	СТ3СП	УГОЛОК Р/П	32X32X4	491
37	СТ3ПС	УГОЛОК Н/П	100X63X6	350
38	СТ3ПС	УГОЛОК Н/П	100X63X8	296
39	25Г2С	ДЛЯ АРМИР	28	404
40	25Г2С	ДЛЯ АРМИР	32	1014

Масса готовой продукции и заказов

№	Марка	Профиль	Размер профиля, мм	Суммарная масса заказа, т	Масса свободного запаса, т	Масса на производство, т
1	ШЗ	ШАРЫ СТ.	60	260	10	250
2	DC01	КРУГ	11	600		600
3	DC01	КРУГ	8	350		350
4	SAE1008	КРУГ	8	40		40
5	SAE1015	КРУГ	11	50		50
6	SAE1015	КРУГ	6.5	150		150
7	A12	КРУГ	6.5	20		20
8	A400C	ДЛЯ АРМИР	10	820	30	790
9	CB-08Г2С	КРУГ	6.5	450		450
10	СТ1ПС	КРУГ	11	15		15
11	СТ1ПС	КРУГ	6	2550	50	2500
12	СТ1ПС	КРУГ	6.5	771		771
13	СТ1ПС	КРУГ	8	130		130
14	СТ1СП	КРУГ	6	7968	90	7878
15	СТ1СП	КРУГ	6.5	456		456
16	СТ3ПС	КРУГ	8	204	20	184
17	СТ3СП	ДЛЯ АРМИР	10	884	20	864
18	ШХ15-В	КРУГ	11	10		10
19	20	КРУГ	8	30		30
20	25Г2С	ДЛЯ АРМИР	10	250	25	225
21	25Г2С	ДЛЯ АРМИР	6	40		40
22	25Г2С	ДЛЯ АРМИР	8	274	15	259
23	35	КРУГ	10	20		20
24	B500B	ДЛЯ АРМИР	16	1622	40	1582
25	СТ0	УГОЛОК Р/П	25X25X3	20	20	0
26	СТ0	УГОЛОК Р/П	32X32X4	47		47
27	СТ3ПС	УГОЛОК Р/П	25X25X4	30		30
28	СТ3ПС	УГОЛОК Р/П	32X32X3	18		18
29	СТ3СП	УГОЛОК Р/П	25X25X3	62		62
30	СТ3СП	УГОЛОК Р/П	25X25X4	142		142
31	СТ3СП	УГОЛОК Р/П	32X32X3	259		259
32	СТ3СП	УГОЛОК Р/П	32X32X4	491		491
33	СТ3ПС	УГОЛОК Н/П	100X63X6	350		350
34	СТ3ПС	УГОЛОК Н/П	100X63X8	296	10	286
35	25Г2С	ДЛЯ АРМИР	28	404		404
36	25Г2С	ДЛЯ АРМИР	32	1014	50	964

Потребность и наличие полуфабриката

№	Марка	Требуется полуфабрикат, т	Наличие, т	Необходимо произвести, т
1	20	30	30	0
2	35	20	20	0
3	25Г2С	1892		1892
4	B500B	1582		1582
5	DC01	950		950
6	SAE1008	40		40
7	SAE1015	200		200
8	A12	20	20	0
9	A400C	790		790
10	CB-08Г2С	450		450
11	CT0	47		47
12	CT1СП	11750		11750
13	CT3ПС	868		868
14	CT3СП	1818		1818
15	ШЗ	250		250
16	ШХ15-В	10	10	0

Таким образом, согласно расчетам, из 40 заказов на входе системы получается 35 заданий на прокатку и 12 заданий на выплавку (задания с ненулевой массой), которые нужно выполнить в плановый период.

Выводы

1. Разработана математическая модель формирования объемных заданий для сталеплавильного и прокатного производства с учетом группировок по типу полуфабриката и готовой продукции. Модель позволяет получить общий объем отгрузки, объем наличия готовой продукции и объемы заданий на производство полуфабриката и готовой продукции.

2. Модель позволяет рассчитать более сложные варианты объемных заданий, которые учитывают дополнительные производственные операции. В этом случае появятся новые критерии для группировки.

3. Разработанная модель является основой информатизации системы формирования суточных графиков производства.

Литература

1. Мауэрггауз Ю.Е. «Продвинутое» планирование и расписания (AP&S) в производстве и цепочках поставок. М.: Экономика, 2012. 574 с.
2. Конвичка Д., Солодовников В.В. Системы оптимизированного производственного планирования: новая причуда или прорыв в области управления производством и цепочками поставок // Логистика и управление цепями поставок. 2015. Декабрь. №6 (71).
3. Верещагина Л.В., Блем А.Г. Модели оценки формируемых планов производства промышленной продук-

ции // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2009. №1.

4. Турчин А. Построение математической модели оптимизации производственного расписания металлургического производства // Knowledge – Dialogue – Solution: Материалы международной конференции. Киев, 2009. С. 134–138.

References

1. Mauergauz Ju.E. «Prodvinutoe» planirovanie i raspisaniia (AP&S) v proizvodstve i tsepkakh postavok ["Advanced" planning and schedules (AP&S) in production and chains of deliveries]. Moscow, 2012, 574 p.
2. Konvichka D., Solodovnikov V.V. Sistemy optimizirovannogo proizvodstvennogo planirovaniia: novaia prichuda ili proryv v oblasti upravleniia proizvodstvom i tsepkami postavok [Systems of the optimized production planning: a new whim or break in the field of production management and chains of deliveries]. Logistika i upravlenie tsepiami postavok [Logistics and management of chains of deliveries], 2015, no. 6 (71).
3. Vereshchagina L.V., Blem A.G. Modeli otsenki formiruemykh planov proizvodstva promyshlennoi produktsii [Models of assessment of the formed plans of production of industrial output]. Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Saratov state technical university], 2009, no.1.
4. Turchin A. Postroenie matematicheskoi modeli optimizatsii proizvodstvennogo raspisaniia metallurgicheskogo proizvodstva [Creation of mathematical model of optimization of the production schedule of metallurgical production]. Knowledge – Dialogue – Solution: Materialy mezhdunarodnoi konferentsii [Dialogue – Solution: Materials of the international conference], 2009, pp. 134–138.