

УДК 624.7.001.5

НОРМАТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОМПЛЕКСА МЕДНЕНИЯ СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКИ

Кулаков С.М., д.т.н., профессор кафедры «Автоматизация и информационные системы» (kulakov-ais@mail.ru)

Мусатова А.И., старший преподаватель кафедры «Менеджмент и отраслевая экономика» (musatova-ai@yandex.ru)

Кадыков В.Н., к.т.н., доцент кафедры «Обработка металлов давлением и металловедение. ЕВРАЗ ЗСМК» (kadikov_vn@mail.ru)

Сибирский государственный индустриальный университет
(654007, Россия, Кемеровская обл., Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

Аннотация. Сформирована формульно-алгоритмическая нормативная модель функционирования технологической линии, рассчитаны технически возможные и нормативные значения тактов работы и производительности линии. Разработана нормативная ситуационная комплексная модель функционирования отделения меднения, учитывающая количество линий, количество используемых «ниток» проволоки на каждой из них для расчета многовариантных технически возможных и нормативных значений производительности системы.

Ключевые слова: процесс меднения, стальная проволока, мотки, нормативы, модели, такт, производительность.

DOI: 10.17073/0368-0797-2018-2-164-167

С целью рациональной организации производства и труда, совершенствования системы планирования и оперативного управления, разработки сменно-суточных заданий необходимы обоснованные нормативные показатели (нормы времени на операции, нормы выработки, нормативы производительности агрегатов и фонда времени их работы). При этом важнейшей задачей нормирования является построение нормативных моделей функционирования производственных участков, подразделений предприятия [1 – 5]. Эту задачу рассматривали на примере отделения меднения проволоки метизного производства [6].

В исследуемом отделении параллельно функционируют две технологические линии, на которых осуществляется процесс нанесения на поверхность стальной проволоки слоя меди химическим контактным способом. Каждая линия состоит из последовательно расположенных семи ванн: шесть – с погружающими барабанами и направляющими роликами, одна (последняя) – специальная с волокодержателем и волоками. Процессу обработки проволоки в ванне с раствором медного купороса предшествуют процессы в ваннах для: обезжиривания проволоки в щелочном растворе, промывания ее в горячей воде, химического подтравливания в растворе соляной кислоты и промывания в холодной воде. После меднения проволока окончательно промывается в ванне с водой, подвергается процессу волочения (для полировки и уплотнения медного покрытия) и наматывается на катушку. После наполнения

кассеты проволоку отрезают от готового мотка, переводят и закрепляют новый конец на пустую катушку, и процесс меднения продолжается.

Сложность организации материальных потоков в отделении заключается в том, что на каждой технологической линии одновременно и синхронно обрабатываются 24 «нитки» проволоки в семи последовательно расположенных ваннах. Затем «нитки» протягиваются до намоточных аппаратов, на которых формируются 24 мотка омедненной проволоки диаметром от 0,8 до 2,0 мм и массой от 10 до 80 кг.

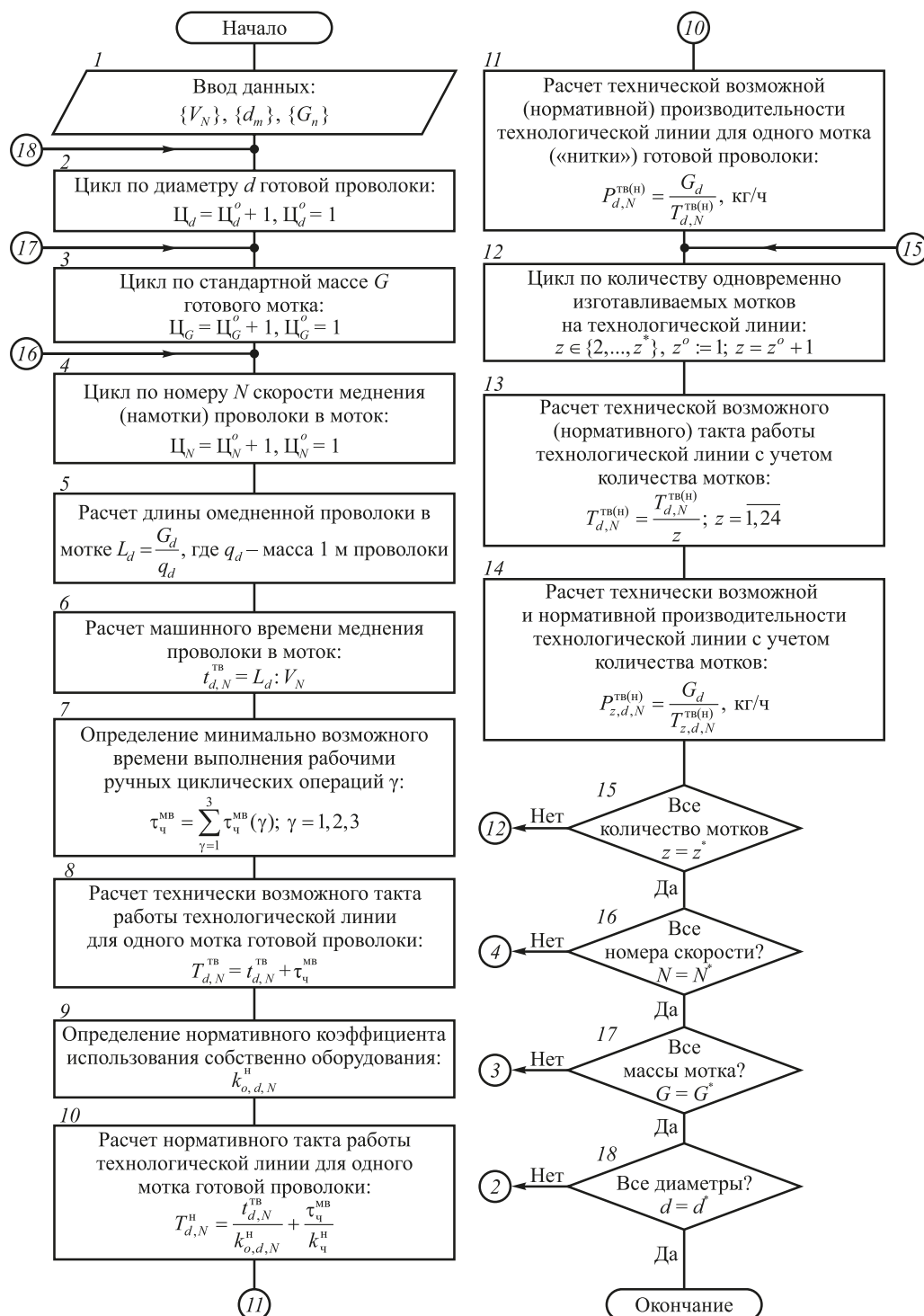
При нормировании длительности производственных операций предварительно изучали и анализировали существующую организацию материальных потоков в отделении меднения (их непрерывность и параллельность), степень загрузки и согласованности в работе механизмов, агрегатов; организацию труда рабочих-операторов (уровень механизации ручного труда, степень участия и влияния на протекание производственного процесса).

Для определения нормативной производительности [7] отделения меднения и норм выработки производственных рабочих предварительно выполнили вербальное описание производственных операций, включающее: наименование, фиксационные точки начала и окончания операции, вид и параметры используемого оборудования, характер операции. Осуществлена структуризация текущих простейших технологических линий. Построены формульные модели, характеризующие многовариантную работу технологической линии

меднения, которые используют для построения алгоритма моделирования (см. рисунок). На базе этого алгоритма разработана нормативная ситуационная модель функционирования отделения меднения для расчета следующих показателей:

- нормы времени на выполнение рабочим ручных циклических операций с декомпозицией их на элементы и микроэлементы (приемы, действия, движения);

- машинное время меднения проволоки (технически возможное и нормативное) с учетом скоростных режимов намоточных аппаратов;
- нормативы длительности простоев технологической линии;
- нормативные коэффициенты использования оборудования (технологической линии) и нестабильности выполнения рабочим ручных операций;



Алгоритм расчета нормативной производительности технологической линии меднения

Calculation algorithm for standard productivity of coppering line

– технически возможный и нормативный такт работы линии при изготовлении единицы продукции (мотка) с учетом скорости намоточного аппарата, диаметра и массы готового мотка;

– технически возможная и нормативная производительность технологической линии на единицу продукции с учетом вышеперечисленных факторов;

– нормативный фонд времени работы отделения меднения;

– многовариантная часовая и сменная производительности (технически возможная и нормативная) отделения меднения при работе двух линий с учетом скоростных режимов намоточных аппаратов, одновременности изготовления мотков («ниток») на каждой технологической линии, диаметра и массы готовых мотков;

– нормативное количество рабочих в бригаде для обслуживания технологической линии в смену (при одновременном изготовлении 24 мотков) в зависимости от скорости намота, диаметра и массы мотка.

Особенностью работы технологической линии является непрерывность процесса меднения. То есть проволока до момента готовности мотка безостановочно проходит последовательно сначала все операции в ваннах (обезжиривания, горячей промывки, травления, холодной промывки, собственно меднения, окончательной промывки), а затем процесс волочения для полировки медного покрытия.

Таким образом, процесс меднения происходит параллельно формированию проволоки в моток. Поэтому такт работы технологической линии (технически возможный и нормативный) $T_{d,N}^{TB(H)}$ для изготовления одного мотка (см. рисунок, блоки 5 – 10) состоит из машинного времени меднения (намотки проволоки в моток) $t_{d,N}^{TB(H)}$, минимально возможного и нормативного времени выполнения рабочим ручных циклических операций $\tau_q^{MB(H)}$, не перекрываемых машинным временем:

$$T_{d,N}^{TB(H)} = t_{d,N}^{TB(H)} + \tau_q^{MB(H)} \text{ ч.} \quad (1)$$

Машинное время меднения проволоки зависит от следующих факторов: скорости намоточного аппарата $\{V_N, N = 1, 2, \dots, N^*\}$; диаметра проволоки $\{d_m, m = 1, 2, \dots, m^*\}$; массы мотка $\{G_n, n = 1, 2, \dots, n^*\}$; здесь N, m, n – порядковые номера (индексы) перечисленных факторов. При этом выбор скорости намотки определяется качеством поверхности проволоки и концентрацией раствора медного купороса.

Длительность ручных операций устанавливалась на основе обработки хронометражных наблюдений и комплексного нормирования длительности элементов и микроэлементов операций:

$$\tau_q^H = \frac{\sum_{\gamma=1}^{\gamma^*} \tau_{q\gamma}^{MB}}{k_q^H} \text{ ч,} \quad (2)$$

где k_q^H – нормативный коэффициент неустойчивости выполнения рабочим ручных операций; $\gamma = 1, 2, \dots, \gamma^*$ – порядковый номер элемента операции.

Выводы. Многообразие ситуаций на линиях меднения и в отделении в целом позволяет оптимально распределять загрузку технологических линий и рационально использовать рабочих при планировании и оперативном управлении производственным процессом. Результаты моделирования для конкретного отделения меднения метизного производства фрагментарно приведены в таблице. Исходя из тактового подхода [6] производительность отделения меднения как производственной системы определяется на основе единого такта его работы с учетом функционирования заданного количества технологических линий (подсистем) и количества используемых «ниток» проволоки на каждой

Ситуационная нормативная модель производительности отделения меднения (фрагмент)

Normative digital prototype of coppering unit capacity (fragment)

Диаметр проволоки, мм; масса готового мотка, кг	Номер скорости меднения	Такт процесса меднения проволоки на моток, мин		Нормативный коэффициент использования линии	Нормативная производительность линии, кг/ч		Фонд времени за смену, ч	Норма выработки, т/смена (смена – 12 ч)	
		технически возможный	нормативный		на 1 моток	на 24 мотка		на одну линию	на две линии
1,6 20	2	32,39	35,59	0,91	33,72	809,28	8,42	6,81	13,62
	4	21,82	24,24	0,90	49,50	1188,00	8,25	9,80	19,60
1,6 80	2	127,50	134,21	0,95	35,77	858,42	9,42	8,09	16,18
	4	85,23	90,67	0,94	52,94	1270,58	9,38	11,92	23,84
1,2 20	2	57,05	64,10	0,89	18,72	449,28	8,93	4,01	8,02
	4	38,26	42,99	0,88	27,13	651,12	8,78	5,72	11,44
1,2 80	2	226,16	251,29	0,90	19,08	457,92	9,58	4,39	8,78
	4	151,00	169,66	0,89	28,29	678,96	9,58	6,50	13,00

из них. При этом производственные ситуации в зависимости от заказов на определенные виды продукции различаются скоростными режимами работы технологических линий, количеством одновременно формируемых мотков проволоки, массой каждого мотка и диаметром проволоки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Singh S.K., Singh M.K. Evaluation of productivity, quality and flexibility of an advanced manufacturing system // *Journal of the institution of engineers*. 2012. January – March. P. 93 – 101.
2. Diego Augusto de Jesus Pacheco, Isaac Pergher, Carlos Fernando Jung, Carla Scwenberg ten Caten. Strategies for increasing productivity in production systems // *Independent journal of management & production (IJM&P)*. 2014. February – May. P. 344 – 359.

3. Mohamed Boualem, Mouloud Cherfaoui, Amina Angelika Bouchentouf, Djamil Aïssani. Modeling, simulation and performance analysis of a flexible production system // *European journal of pure and applied mathematics*. 2015. № 1. P. 26 – 49.
4. Keith E. Stanovich, Richard F. West. Discrepancies between normative and descriptive models of decision making and the understanding acceptance principle // *Cognitive Psychology*. 1999. № 38. P. 349 – 385.
5. Högman U., Johannesson H. Technology development and normative process models. *International design conference*. 2010. May. P. 17 – 20.
6. Вдовин К.Н., Колыга М.А. Омеднение проволоки // *Вестник МГТУ им. Г.И. Носова*. 2010. № 4. С. 33 – 36.
7. Мусатова А.И., Кадыков В.Н., Кулаков С.М. Оценивание производительности производственной системы на основе тактового подхода // *Научное обозрение*. 2014. № 5. С. 253 – 262.

Поступила 10 октября 2017 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY. 2018. VOL. 61. No. 2, pp. 164–167.

NORMATIVE MODELING OF PERFORMANCE OF STEEL WIRE COPPERING UNIT

S.M. Kulakov, A.I. Musatova, V.N. Kadykov

Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

Abstract. Explicit algorithmic normative model of technological line operation was developed, technically possible and normative values of work cycles and line productivity were calculated. Normative digital prototype of operation of coppering unit was designed, taking into account a number of lines, a number of wire “threads” used on each of them for calculation of multivariate technically possible and normative values of the system’s productivity.

Keywords: coppering process, steel wire, bunches, specifications, models, timing period, productivity.

DOI: 10.17073/0368-0797-2018-2-164-167

REFERENCES

1. Singh S.K., Singh M.K. Evaluation of productivity, quality and flexibility of an advanced manufacturing system. *Journal of the institution of engineers*. 2012, January – March, pp. 93–101.
2. Diego Augusto de Jesus Pacheco, Isaac Pergher, Carlos Fernando Jung, Carla Scwenberg ten Caten. Strategies for increasing productivity in production systems. *Independent journal of management & production (IJM&P)*. 2014, February – May, pp. 344–359.
3. Mohamed Boualem, Mouloud Cherfaoui, Amina Angelika Bouchentouf, Djamil Aïssani. Modeling, simulation and performance

analysis of a flexible production system. *European journal of pure and applied mathematics*. 2015, no. 1, pp. 26–49.

4. Keith E. Stanovich, Richard F. West. Discrepancies between normative and descriptive models of decision making and the understanding / acceptance principle. *Cognitive Psychology*. 1999, no. 38, pp. 349–385.
5. Högman U., Johannesson H. Technology development and normative process models. *International design conference*. 2010, May, pp. 17–20.
6. Vdovin K.N., Kol’ga M.A. Coppering of wire. *Vestnik MGTU im. G.I. Nosova*. 2010, no. 4, pp. 33–36. (In Russ.).
7. Musatova A.I., Kadykov V.N., Kulakov S.M. Evaluation of capacity of the production system based on the timing cycle approach. *Nauchnoe obozrenie*. 2014, no. 5, pp. 253–262. (In Russ.).

Information about the authors:

S.M. Kulakov, Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Chair “Automation and Information Systems” (kulakov-ais@mail.ru)

A.I. Musatova, Senior Lecturer of the Chair “Management and Branch Economics” (musatova-ai@yandex.ru)

V.N. Kadykov, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor of the Chair “Metal Forming and Metal Science”. OJSC “EVRAZ ZSMK” (kadikov_vn@mail.ru)

Received October 10, 2017