

РАСЧЕТ РАБОТЫ ПРЯМОПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ СОЦИАЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Е. М. Якутин

Новосибирский государственный технический университет

Поступила в редакцию 12 апреля 2017 г.

Аннотация: статья является продолжением ряда публикаций автора, посвященных адаптации методологии организации поточного производства к условиям работы предприятий, использующих труд ограниченно трудоспособных работников (инвалидов). Рассматриваются особенности планирования работы прямопоточных производственных линий в условиях социально ориентированных предприятий, расчета основных календарно-плановых нормативов.

Ключевые слова: социально ориентированные предприятия, социально ориентированное производство, поточное производство, трудоустройство ограниченно трудоспособных.

Abstract: presented article is a continuation of the author previous publications on adaptation methodology organization line production to the conditions of work of enterprises that employ limited able-bodied workers (disabled). The features of the planning work straight-flow production lines in terms of socio-oriented enterprises, the calculation of basic calendar and planning regulations.

Key words: socially oriented enterprises, socially oriented manufacturing, assembly line production, employment disability workers.

В предшествующих публикациях [1; 2] автором были рассмотрены особенности организации производства массового типа на социально ориентированных предприятиях (далее – СОП), использующих в качестве основного персонала работников с ограничениями трудоспособности (инвалидность), с применением непрерывно поточных линий (с рабочим и/или распределительным конвейером). Дальнейшая работа в данном направлении позволила выделить специальные требования, соблюдение которых является обязательным условием для обеспечения работы поточных линий непрерывно-поточного типа в условиях использования указанного персонала. К таким требованиям относятся:

– обеспечение полной либо частичной (кратной) синхронности выполнения частных операционных циклов на всех специализированных рабочих местах для работников из категории целевого персонала СОП, по ходу протекания технологического процесса на линии;

– наличие возможностей согласования производительности труда ограниченно трудоспособных работников между рабочими местами в потоке за счет создания дублирующих рабочих станций на таких операционных циклах, где требуется выравнивание загрузки в соответствии с установленным (расчетным) тактом потока;

– возможность обеспечения равномерной (или

относительно равномерной) загрузки рабочих мест для работников СОП с различными типами/степенью трудовых ограничений в технологическом потоке;

– расчетные отклонения любого из частных операционных циклов на проектируемой в производственной структуре СОП непрерывно-поточной линии от установленной плановой величины такта не превышают 5–8 %.

Отдельного рассмотрения заслуживает случай, когда при несоблюдении какого-либо из указанных требований существует возможность устранения выявленных отклонений за счет изменения структуры целевого персонала проектируемой линии посредством выбора другого варианта комплектования этой линии работниками с иными типами/степенью ограничения трудоспособности, из состава промышленно-производственного персонала данного СОП.

Следует отметить, что при несоблюдении одного/нескольких из указанных требований применение непрерывнопоточного типа линий на конкретном СОП становится затруднительным или невозможным.

В таких ситуациях предлагается рассматривать возможности формирования производственной системы СОП при сохранении массового типа организации производства на основе линий прямопоточного типа (прерывно-поточных). В отличие от «обычных» производств [3–5], не связанных

трудовыми ограничениями работников, в условиях производственных структур СОП планирование и организация линий указанного типа будут иметь индивидуальные особенности. Такие особенности обусловлены спецификой целевого персонала СОП, в зависимости от типа и степени ограничений трудоспособности работников, а также их соотношения в составе кадров СОП, на что указывалось в [1].

Прерывные линии позволяют обеспечивать нормальное протекание производственного процесса в тех случаях, когда особенности технологии, выбранной для применения на конкретном СОП, не дают возможностей получения полной или частичной синхронности выполнения работ на частных операционных циклах, по всем рабочим местам для работников с ограничениями трудоспособности, которыми комплектуется производственная линия.

Расчет и согласование работы такой линии в условиях СОП предлагается проводить по двум основным возможным вариантам:

а) по некоторой части (большинству) работ (операционным циклам) синхронизация на рабочих местах для работников с трудовыми ограничениями обеспечивается;

б) на всех рабочих местах линии, укомплектованной работниками с ограничениями трудоспособности, производительность по операционным циклам отличается, согласование времени исполнения циклов с тактом работы линии не обеспечивается, достижение синхронности невозможно.

Необходимо указать, что при определении случаев, когда рассогласование работы линии выявляется на ограниченном количестве рабочих мест для работников из категории целевого персонала, может применяться ранее предложенный способ оптимизации (выравнивания) [2]. Комплектование таких рабочих мест следует производить рабочими без ограничения трудоспособности, а возможные переходы по частным операционным циклам и варианты организации многостаночного обслуживания определяются в привязке к работе всей линии, исходя из величин календарно-плановых нормативов, рассчитанных по большинству рабочих мест, укомплектованных рабочими из целевой категории персонала. Однако указанный случай также необходимо оценивать с точки зрения соблюдения допустимых соотношений (квот) между работниками СОП с трудовыми ограничениями и без таковых.

При первом варианте (большинство операционных циклов синхронизируется) согласование работы линии состоит из двух этапов. На первом этапе по тем операционным циклам, где синхронизация возможна, расчеты основных параметров могут проводиться на основе методики, предложенной для организации непрерывно-поточных линий СОП (с рабочим и распределительным конвейером) [6]. Аналогично рассчитываются все календарно-плановые нормативы: такт (ритм) линии, шаг (общий; с учетом резерва, при необходимости), общая длина линии, скорость движения потока. На втором этапе для оставшейся части операционных циклов проводится согласование в привязке к результатам, полученным на первом этапе. Здесь оцениваются возможности организации рабочими из категории целевого персонала многостаночного обслуживания по таким частным операционным циклам. Выбирается оптимальный вариант расстановки работников в зависимости от типа/степени ограничений трудоспособности, при котором многостаночное обслуживание (либо совмещение ряда операционных циклов) является возможным. В качестве алгоритмов могут использоваться условия синхронизации, ранее сформулированные для непрерывно-поточных линий СОП [6].

При этом разделение операционного цикла предусматривает выполнение работ на некотором количестве совмещенных механизмов. Под объединением нескольких операционных циклов понимается введение многостаночного обслуживания, при реализации которого следует соблюдать требование, учитывающее время перехода t'_i между механизмами при их обслуживании по графику в течение смены рабочим с определенным типом/степенью ограничения трудоспособности:

$$\sum_{i=1}^n t_{i,шт} + t'_i \leq r, \quad (1)$$

где n – количество операций, по которым производятся переходы; $t_{i,шт}$ – время исполнения i -й операции; t'_i – время перехода между операциями; r – такт поточной линии.

В случае одновременного начала обслуживания на многостаночном операционном цикле первого механизма (станка, агрегата и пр.) и других операций в потоке требование может быть сформулировано как

$$\sum_{i=1}^n (t'_i + (n_i - 1)) \leq r, \quad (2)$$

где n_i – количество механизмов на i -м операционном цикле многостаночного обслуживания.

Технологический, транспортный, страховой заделы при рассмотренном варианте будут рассчитываться аналогично, как и на непрерывно-поточных линиях СОП [6].

Второй из указанных вариантов характеризуется тем, что большинство (либо все) операционные циклы не равны и не кратны такту линии, по причине существенных различий в производительности труда работников, из состава целевого персонала, которыми комплектуется линия. В таких условиях синхронизация работы линии может быть обеспечена за счет установления некоторых сменных интервалов. Под сменным интервалом предлагается понимать отрезок времени, кратный продолжительности смены, для выполнения определенного объема работ на каждом рабочем месте (операционном цикле) в потоке. Такой сменный интервал будет приниматься в качестве такта работы прямопоточной линии СОП и выступать в качестве основного норматива при расчете других параметров ее работы. Величину сменного интервала предлагается устанавливать (определять) двумя способами:

1) кратно длительности рабочей смены, с учетом заданных потерь:

$$r = \frac{T_{\text{см}} - (t_{\text{пер}} + t_{\text{откл}})}{m}, \quad (3)$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность рабочей смены; $t_{\text{пер}}$ – время перерывов на поточной линии; $t_{\text{откл}}$ – фактические отклонения в производительности на отдельных местах в потоке; m – установленное в течение смены количество сменных интервалов, равных по продолжительности между собой;

2) как величину наименьшего возможного кратного из значений всех частных операционных циклов по всем рабочим местам для ограниченно трудоспособных работников на проектируемой линии.

Как при первом, так и при втором способе расчета размер сменного производственного выпуска ($N_{\text{см}}$) будет выступать не заданной величиной (как на непрерывно-поточных линиях), а расчетной, который укрупненно может определяться так:

$$N_{\text{см}} = m \times H_{\text{выр}}, \quad (4)$$

где $H_{\text{выр}}$ – величина нормы выработки, определяемая как частное от продолжительности одного сменного интервала (t_m) и усредненной производи-

тельности на соответствующем рабочем месте или группе рабочих мест ($t_{\text{шт}_i}$), т.е. $H_{\text{выр}} = t_m / t_{\text{шт}_i}$.

По итогам таких расчетов для каждого рабочего места (операционного цикла) будет устанавливаться определенное одинаковое количество изделий, подлежащих обработке в течение одного интервала в пределах рабочей смены.

Результаты расчетов плановых параметров работы линии могут показывать разную загрузку рабочих мест, вследствие разницы в производительности труда ограниченно трудоспособных работников на соответствующих рабочих местах. Кроме того, по причине такой разницы между отдельными операционными циклами могут возникать оборотные заделы или необходимость в их формировании. Здесь возможны два варианта сочетания смежных операционных циклов:

– производительность на предшествующем операционном цикле превышает последующий – создается задел;

– на предшествующем операционном цикле производительность меньше, чем на последующем – на последующем возникает дефицит и для бесперебойного ведения операции требуется формирование задела.

В течение сменного интервала, принимаемого в качестве такта работы линии, оборотные заделы могут изменяться в пределах от нулевых до максимальных значений. На протяжении сменного интервала будет происходить комплектование оборотных заделов. Выбор оптимального варианта такого комплектования может осуществляться на основе составления плана-графика работы производственной прямопоточной линии СОП.

Величину межоперационного задела без учета возможного многостаночного обслуживания по смежным операционным циклам предлагается определять на основе следующей формулы:

$$Z_{\text{обор}} = \frac{t_m}{t_{\text{шт}_i}} - \frac{t_m}{t_{\text{шт}_{i+1}}}. \quad (5)$$

Положительная величина $Z_{\text{обор}}$ будет показывать формирование оборотного задела перед последующим операционным циклом, отрицательная – недостаточность производства на предшествующем и необходимость выравнивания этих операций по выпуску. Например, за счет создания дублирующей рабочей станции на предшествующем операционном цикле и/или организации дополнительного рабочего места для работника с трудовыми ограничениями типа/степени, позволяющими

выполнять данную операцию. Значение $Z_{\text{обор}}$, равное или приблизительно равное нулю, свидетельствует о синхронности ведения смежных операционных циклов.

Величина $Z_{\text{обор}}$ определяется по каждому варианту выбора продолжительности сменного интервала (t_m) и подлежит перерасчету при изменениях его продолжительности (переходе на большее или меньшее количество сменных интервалов в течение смены).

При возможном многостаночном обслуживании на отдельных операционных циклах значение $Z_{\text{обор}}$ следует определять с учетом количества единиц обслуживаемых механизмов на конкретном операционном цикле. Тогда величина продолжительности сменного интервала будет заменяться фондом времени работы механизмов (станков, агрегатов) на частном операционном цикле:

$$\Phi_{t_m} = t_m \times n,$$

где n – количество единиц обслуживаемого оборудования (механизмов, станков) на соответствующем операционном цикле.

При значительном расхождении коэффициентов загрузки по частным операционным циклам для их выравнивания и обеспечения наиболее полной загрузки рабочих мест и ограниченно трудоспособных работников могут подбираться различные варианты совмещения обслуживания на таких циклах. Базовым лимитирующим элементом при организации многостаночного обслуживания на отдельных операциях будет выступать тип/степень ограничения трудоспособности работников. Исходя из таких ограничений, задается постоянный

(в пределах длительности выбранного сменного интервала t_m) график обслуживания (рисунок).

На основе графиков обслуживания далее определяются периоды работы на частных операционных циклах, возможные варианты расстановки работников из состава целевого персонала СОП, в зависимости от типа/степени ограничений их трудоспособности, обусловленные этим возможные переходы и порядок их реализации. Варианты переходов и совмещения на операциях подбираются исходя из технологической сходности выполняемых работ, например, выделенной технологической функции для функционально-замкнутых участков [7]. Также варианты могут подбираться исходя из допустимых видов работ для работников с соответствующим типом и/или степенью трудовых ограничений.

Для обеспечения наиболее полного использования времени работы на специализированных рабочих местах для ограниченно трудоспособных работников далее рассчитывается дифференцированная загрузка по частным операционным циклам, после чего может быть определена общая численность работников из состава целевого персонала, которыми будет комплектоваться производственная линия.

После расчета необходимой численности рабочих на прямоточной линии СОП рекомендуется составление общего графика работы линии в течение сменного интервала (t_m), на основе которого проверяется правильность определения оборотных заделов и их движение. Заключительным этапом планирования работы прерывно-поточной линии, укомплектованной работниками с ограничениями

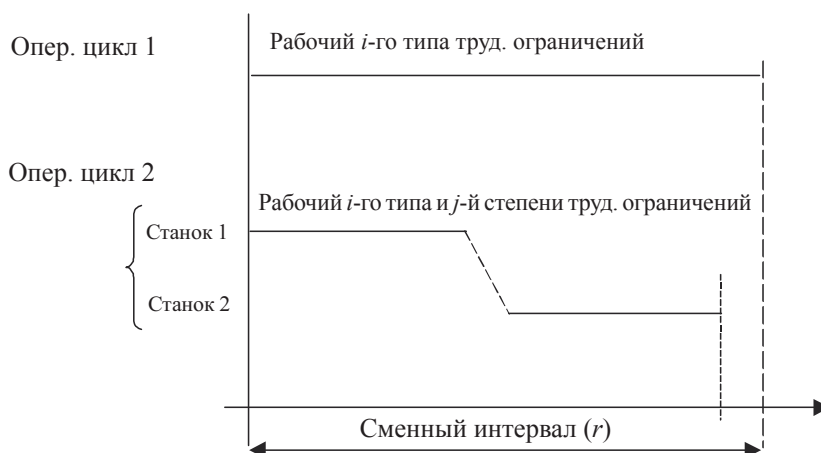


Рисунок. Пример графика обслуживания на рабочих местах для персонала с ограничениями трудоспособности на смежных операционных циклах

трудоиспособности, будет являться расчет движения оборотных заделов на всем протяжении рабочей смены (по всем сменным интервалам), показывающий накопление и расходование предметов труда на соответствующих операционных циклах (при выборе определенного вида движения материального потока).

Отдельным аспектом является порядок определения сменного производственного задания ($N_{см}$) для поточных линий СОП. Несмотря на то что ранее этот вопрос частично был освещен, задача формирования методики определения сменного задания не решалась. В предыдущих рассуждениях в неявном виде проводилась некоторая аналогия между СОП и предприятиями общего типа при определении величины $N_{см}$. Здесь следует отметить, что для предприятий, деятельность которых не лимитируется трудовыми ограничениями основного производственного персонала, сменное производственное задание $N_{см}$ для поточной линии может выступать заданной величиной [8–11]. Однако для СОП такая величина не всегда будет являться нормативом, выполнимым в практических условиях. Таким образом, на СОП представляется оправданным устанавливать величину $N_{см}$ на основе предварительных расчетов. Здесь могут возникнуть два основных случая.

В первом случае расчет будет производиться исходя из количества работников целевого персонала, которыми комплектуется поточная линия СОП. Данное количество работников с трудовыми ограничениями может быть определено на этапе разработки детальной технологии производства и реализации основных процессов на частных операционных циклах поточной линии. Исходя из определенного количества работников с ограничениями трудоиспособности, сменное задание поточной линии предлагается определять на основе следующего расчета:

$$N_{см} = \frac{(T_{см} - t_{пер}) \times m}{\sum t_{о.ц_i} + \sum t_{тр_i}}, \quad (6)$$

где m – установленное количество рабочих с трудовыми ограничениями на поточной линии СОП; $t_{о.ц_i}$ – длительность i -х операционных циклов в потоке; $t_{тр_i}$ – длительность транспортировки предметов между i -ми операционными циклами в потоке.

Такой расчет может быть проведен, если по итогам определения количества рабочих с трудовыми ограничениями на поточной линии и последующего определения общей производственной

площади рабочих мест для них в потоке (на основе методики, изложенной в [12]) не установлены ограничения в части наличной производственной площади. Как уже ранее отмечалось [там же], такие ограничения могут возникать в тех ситуациях, когда осуществляется перепрофилирование действующих СОП или предприятий общего типа.

Во втором случае, если существуют ограничения по производственной площади, а ее величина является заданной, расчету сменного задания ($N_{см}$) поточной линии СОП будет предшествовать определение количества рабочих с трудовыми ограничениями на такой линии. Сама линия будет разделяться на отдельные части (по признаку ограничения наличной площади), располагаемые в смежных производственных помещениях СОП. При этом наиболее эффективным является применение различных вариантов векторных модификаций смешанно-осевого типа производственной планировки [13]. Тогда количество работников целевого персонала по отдельным частям линии предлагается рассчитывать исходя из производственной площади, выделяемой под соответствующие части линии:

$$m_j = \frac{S_j}{S_{с.э} + S_{обсл.}}, \quad (7)$$

где m_j – расчетное количество работников с ограничениями трудоиспособности на j -й части общего потока (поточной линии); S_j – производственная площадь j -й части (участка) поточной линии; $S_{с.э} + S_{обсл.}$ – площадь одного рабочего места (в некоторых случаях – усредненная) ограниченно трудоиспособного работника поточной линии СОП, определяемая исходя из типа/степени трудовых ограничений (на основе поправочных коэффициентов, рассмотренных в [12]).

После определения количества работников (рабочих мест) задача сводится к первому случаю, устанавливается величина сменного задания и далее рассчитываются все остальные нормативы прямопоточной линии СОП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Якутин Е. М. Особенности поточного производства в социально ориентированных системах / Е. М. Якутин // Мы продолжаем традиции российской статистики : материалы I Открытого рос. стат. конгр. – Новосибирск, 2015. – С. 491–492.
2. Якутин Е. М. Шаг и скорость конвейера : особенности расчета в социально ориентированных производствах / Е. М. Якутин // Сибирская финансовая школа. – 2016. – № 2 (115). – С. 91–93.

3. *Новицкий Н. И.* Основы менеджмента. Организация и планирование производства / Н. И. Новицкий. – М. : Финансы и статистика, 1998. – 208 с.

4. Организация, планирование и управление деятельностью промышленного предприятия / А. В. Антонец, П. А. Белов, С. М. Бухкало и др. [под ред. С. М. Бухкало]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев : Высш. шк., 1989. – 296 с.

5. *Летенко В. А.* Организация машиностроительного производства : теория и практика / В. А. Летенко, О. Г. Туровец. – М. : Машиностроение, 1982. – 208 с.

6. *Якутин Е. М.* Непрерывно-поточные линии с распределительным конвейером : применение в условиях социально ориентированных производств / Е. М. Якутин // Вестник НГУЭУ. – 2017. – № 1.

7. *Якутин Е. М.* Функционально-замкнутые участки в структуре социально ориентированных производств / Е. М. Якутин // Вестник Самар. гос. экон. ун-та. – 2015. – № 4. – С. 31–32.

8. *Татевосов К. Г.* Справочник календарно-плановых расчетов / К. Г. Татевосов. – Л. : Машиностроение, 1971. – 256 с.

9. *Татевосов К. Г.* Нормативные расчеты равномерного производства в серийном машиностроении / К. Г. Татевосов. – Л. : Машгиз, 1961. – 247 с.

10. *Климов А. Н.* Организация и планирование производства на машиностроительном заводе / А. Н. Климов, И. Д. Оленев, С. А. Соколицын. – Л. : Машиностроение, 1977. – 462 с.

11. *Иванов И. Н.* Организация производства на промышленных предприятиях / И. Н. Иванов. – М. : ИНФРА-М, 2008. – 352 с.

12. *Якутин Е. М.* Расчет производственной площади социально ориентированных предприятий / Е. М. Якутин // Вестник НГУЭУ. – 2016. – № 2. – С. 219–225.

13. *Якутин Е. М.* Варианты планировок социально ориентированных производств / Е. М. Якутин // Вестник НГУЭУ. – 2015. – № 3. – С. 279–289.

Новосибирский государственный технический университет

*Якутин Е. М., кандидат экономических наук,
доцент кафедры менеджмента*

E-mail: e.yakutin@ngs.ru

Тел.: +7 (383)346-20-45

*Novosibirsk State Technical University
Yakutin E. M., Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor of Management Department
E-mail: e.yakutin@ngs.ru
Tel.: +7 (383)346-20-45*