

ЭКОНОМИКА

658.5

ОПТИМИЗАЦИЯ ГРУЗОПОТОКОВ ТРУБОВОЛОЧИЛЬНОГО ЦЕХА

*Д-р экон. наук, проф. Н.Р. КЕЛЬЧЕВСКАЯ, канд. техн. наук, доц. А.Б. ФИНКЕЛЫШТЕЙН,
асп. А.В. ГАВРИЛЮК*

Проведен анализ грузопотоков трубоволочильного цеха. Выявлена зависимость длительности операций от количества бухт в партии. Аналитически рассчитана производительность участка и потери в незавершенном производстве в зависимости от размера партии. Разработанная модель позволяет рассчитывать оптимальную партию бухт для различных производственных условий. Полученные результаты способствуют повышению экономических показателей работы участка бухтового волочения.

The analysis of freight traffics at tube-drawing workshop is made. Dependence of action time on amount of bays in a batch is revealed. Delivery capacity of a site and loss in a work-in-process depending on the size of a batch is analytically calculated. The developed model allows counting an optimum batch of bays for various manufacturing conditions. The received results promote increase of economic job performance standards of a site of bay drawings.

Сравнительно новой сферой применения логистики является оптимизация внутрипроизводственных потоков, которая имеет в современном производстве первостепенное значение, поскольку более 20 % затрат приходится на транспортные операции. Логистика внешних транспортных потоков в настоящее время хорошо изучена, в отличие от внутрипроизводственной логистики. Проблема состоит в том, что задача оптимизации грузопотоков имеет индивидуальные особенности для каждой производственной системы. В СССР выпускалось достаточно много работ по управлению грузопотоками, однако отличие современного логистического подхода от них заключается в методике оценки потерь в незавершенном производстве.

Очевидно, что для разработки методики эффективного управления внутренними грузопотоками необходимо отталкиваться от конкретной производственной системы. Задача оптимизации грузопотока решается на примере участка бухтового волочения стальных труб трубоволочильного цеха ОАО ПНТЗ. Бухтовое волочение широко применяется для производства труб из медных сплавов, стальные трубы этим способом изготавливаются в России только на ПНТЗ. Тем не менее предлагаемая методология оптимизации применима ко всем сходным производственным процессам. Задачей исследования является повышение удельной производительности участка, что позволит производить большее количество продукции за меньшее время, т.е. более полно использовать энергетические и трудовые ресурсы (например, сократить количество смен).

Сущность технологии заключается в последовательном уменьшении толщины стенки трубной заготовки. Во время передела происходит значительное удлинение трубы. При большой длине (120 м) и небольшом диаметре и весе труба сматывается в бухты для экономии пространства и ускорения производства.

Смотанная в бунт заготовка для волочения поступает на участок бухтового волочения (рис. 1). Цикл производства начинается с отжига. Далее бухта поступает на ковочный станок для подготовки к волочению (устанавливается оправка, забивается головка трубы).

Оправочное волочение производится на стане с тяговым усилием 10 т, стан переналаживается для волочения труб необходимого диаметра. Далее, после волочильного стана, бунт поступает на отрезной станок для обрезки головки и пропусков. После этих операций бунт необходимо отжечь для восстановления свойств металла для дальнейшего передела. Отжиг происходит в проходной газовой печи, с последующим охлаждением в защитной атмосфере. После охлаждения цикл производства повторяется до тех пор, пока труба не примет заданный диаметр и толщину стенки. Далее труба поступает на другой участок для правки и порезки на мерные длины. Чаще всего циклов волочения и отжига пять.

Участок, на котором производятся топливопроводные трубы, представляет собой последовательно — партионную линию, на которой чередующимися партиями обрабатываются трубы различных типоразмеров. При переходе от партии к партии происходит переналадка оборудования. Такт производственного процесса изменяется от цикла к циклу.

Работа участка организована неэффективно. Из-за неоптимального размера партии обрабатываемых бухт время производственного цикла завышается. Это снижает производи-

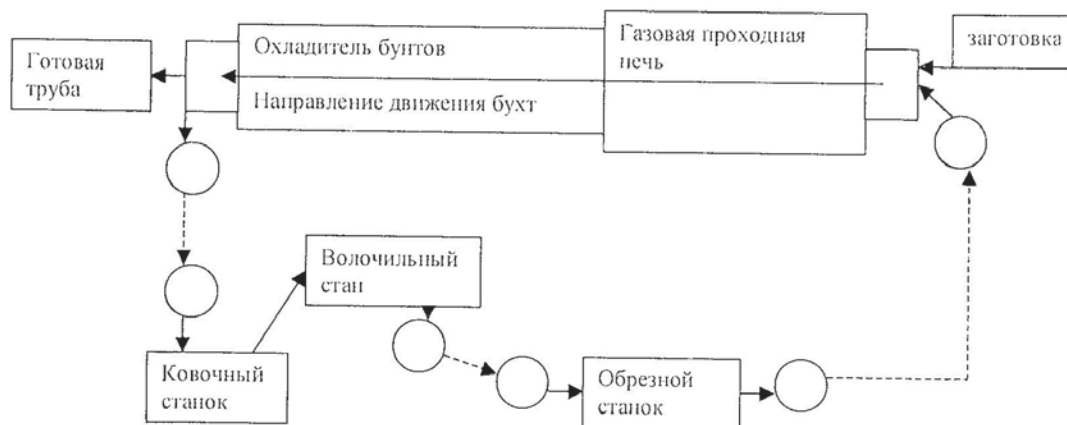


Рис. 1. Схема производственного процесса: ----> — крановая операция по перемещению партий бухт между рабочими местами; —> — ручное перемещение бухт; ○ — накопитель бухт между операциями производственного процесса

тельность оборудования, производительность труда, приводит к перерасходу энергетических ресурсов. Неритмичная работа участка вызвана отсутствием целесообразного регламента работы оборудования. Как следствие — увеличение незавершенного производства.

Сложность организации производственного процесса на подобном участке заключается в том, что время производственных процессов изменяется от начального цикла производства к конечному. Для повышения производительности необходимо максимально сократить время цикла, определив размер оптимальной партии бухт, проходящих цикл. Таким образом, задача сводится к минимизации времени цикла изготовления труб.

После поступления заготовки на накопитель ковочный станок забивает головку бухты. Процесс забивки головки проходит последовательно. За один такт обрабатывается 1 бухта. Ковочный станок и волочильный стан работают в параллельном режиме: бухта с забитой головкой сразу поступает к волочильному стану. За один такт обрабатывается 1 бухта. После волочения бухты поступают на накопитель и затем партией перегружаются на накопитель обрезного станка, где бухты также обрабатываются последовательно. Волочильный стан и обрезной станок работают последовательно. После обрезки бухт на отрезном станке партия перегружается к печи для отжига. В печи одновременно обрабатываются все бухты партии. Скорость отжига бухт разной степени передела варьируется. Чем

меньше стенка трубы, тем выше скорость движения партии бухт в печи и охладителе. Такт работы печи зависит от скорости движения бухт и от диаметра бухт, так как бухты загружаются в печь последовательно. После отжига партия бухт направляется на следующий цикл. Время выполнения операций производственного цикла приведено в табл. 1.

Таблица 1

Технологические характеристики участка

№ прохода	Диаметр трубы, мм	Длина трубы, м	Время забивки, мин.	Время переналадки стана, мин.	Скорость волочения, м/мин.	Время волочения, мин.	Время обрезки, мин.	Время крановых операций, мин.	Скорость движения в печи, м/мин.	Время отжига, мин.	Время охлаждения, мин.
1	22	20	0,83	0,5	37	0,54	0,83	15	1	15	20
2	17	30	0,83	0,5	37	0,81	0,83	15	1	15	20
3	13	46	0,83	0,5	37	1,24	0,83	15	1,2	12,5	16,7
4	9,6	78	0,83	0,5	37	2,11	0,83	15	1,4	10,7	14,3
5	7	136	0,83	0,5	37	3,68	0,83	15	1,5	10	13,3

Из табл. 1 видно, что производственный процесс состоит из операций, время которых может варьироваться или оставаться неизменным при изменении размера партии бухт.

Для определения оптимальной партии бухт необходимо выявить те операции, время которых изменяется при изменении размера партии бухт.

Так, операции можно разделить на те, время которых варьируется на одну бухту партии, и те, время которых остается постоянным. Если длительность операции не зависит от величины партии бухт, то время обработки одной бухты обратно пропорционально количеству бухт в партии. Наоборот, если длительность операции прямо пропорциональна количеству бухт, то время обработки одной бухты не зависит от их количества в партии.

Так как волочильный стан и обрезной станок обрабатывают партию бухт последовательно, то появляется время пролеживания бухт на накопителе между стадиями волочения и обрезки, которое увеличивает производственный цикл на время равное времени обрезки головок партии бухт: $T_{\text{пролеж}} = T_{\text{обрез}} n$.

Распределение операций по признаку зависимости от размера партии приведено в табл. 2.

Таблица 2

Время обработки одной бухты в зависимости от размера партии

Изменение размера партии	Время забивки	Время переналадки стана	Время волочения	Время пролеживания	Время обрезки	Время крановых операций	Время отжига	Время охлаждения
↑	const	↓	const	const	const	↓	↓	↓
↓	const	↑	const	const	const	↑	↑	↑

Таким образом, аналитически время, затрачиваемое на изготовление одной бухты, может быть определено по формуле:

$$T_{\text{бухта}} = T_{\text{забивки}} + \frac{T_{\text{переналадки}}}{n} + \frac{T_{\text{крана}}}{n} + T_{\text{волочения}} + T_{\text{обрезки}} + \frac{L + nD}{v n},$$

где $T_{\text{бухта}}$ — время, затраченное на одну бухту из партии; $T_{\text{забивки}}$ — время забивки; $T_{\text{переналадки}}$ — время переналадок стана; $T_{\text{волочения}}$ — время волочения; $T_{\text{крана}}$ — время кра-
новых операций; $T_{\text{обрезки}}$ — время обрезки; L — длина печи и охладителя; D — диаметр бухты; v — скорость движения бухт в печи и охладителе; n — размер партии бухт.

Очевидно, что минимальное значение этой функции достигается при бесконечном размере партии*, а время, затрачиваемое на одну бухту из партии, обратно пропорционально размеру партии.

Можно сделать очевидный вывод: чем больше размер партии, тем меньше времени затрачивается на одну бухту из партии. Производительность в единицу времени снижается при уменьшении размера партии, это вызывает недополучение дохода. Потери в связи с недополучением дохода определяется по формуле

$$P_{\text{потери}} = (P_{\text{max}} - P_{\text{факт}})C,$$

где P_{max} — максимальная производительность участка (при бесконечном количестве бухт в партии), бухт/ч; $P_{\text{факт}}$ — производительность участка при работе с неоптимальной партией бухт, бухт/ч; C — цена готовой бухты (4 000 руб).

С другой стороны, чем больше партия бухт, тем большие потери возникают от отвлечения оборотных средств. Потери в незавершенном производстве представляют собой стоимость использования оборотных средств за время производства и вычисляются по формуле

$$Z_{\text{потери}} = T_{\text{цикла}} C_{\%} P n,$$

где $T_{\text{цикла}}$ — суммарное время изготовления на участке партии бухт; n — количество бухт в партии; $C_{\%}$ — стоимость кредита в единицу времени; P — стоимость сырья для изготовления одной бухты (2 000 руб).

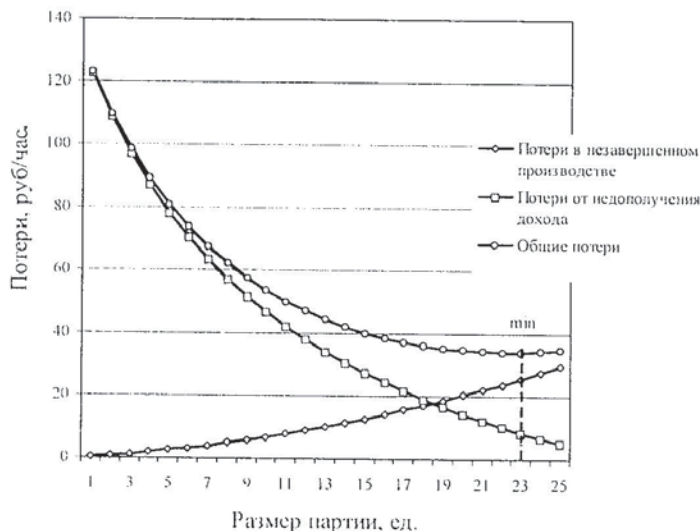


Рис.2. Влияние размера партии бухт на потери в незавершенном производстве и потери от недополучения дохода

Для выявления оптимального размера партии необходимо выявить функцию затрат, в которую включаются недополученный доход из-за снижения производительности участка и потери в незавершенном производстве. Функции потерь в незавершенном производстве и от недополучения дохода из-за низкой производительности участка представлены на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что при размере партии в 23 бухты общие потери от недополучения возможного дохода и потери в незавершенном производстве минимальны. Таким образом, размер оптимальной партии — 23 бухты.

На основе полученных данных разработана компьютерная модель грузопотоков труболоочильного цеха, позволяющая в зависимости от заданных условий выявлять оптимальную партию бухт. Полученные результаты позволяют улучшить экономические показатели работы участка бухтового волочения.

* Перевозка экспортно-импортных грузов. Организация логистических систем / Под ред. А. В. Кириченко. — СПб.: Питер, 2004. — 506 с.