

ЭОХ

На правах рукописи

Министерство высшего и среднего специального
образования СССР

ЧЕЛЯБИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени ЛЕНИНСКОГО КОМСОМОЛА

ДЕДУХ Анатолий Данилович

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ НА ОРГАНИЗАЦИЮ И
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА В ЦЕХАХ ОБРАБОТКИ ЭМК

(на примере Челябинского ордена Трудового Красного
Знамени завода металлоконструкций им. С.Орджоникидзе)

Специальность 05.23.01 -
"Строительные конструкции"

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск

1973

Челябинский
политехнический институт

Работа выполнена на кафедре металлических и деревянных конструкций Челябинского политехнического института им. Ленинского комсомола и Челябинском ордена Трудового Красного Знамени заводе металлоконструкций им. С.Орджоникидзе.

Научный руководитель - доцент, кандидат технических наук КУЗНЕЦОВ А.Ф.

Консультанты - профессор АБАРИНОВ А.А. и зам.директора Челябинского ЭМК по экономическим вопросам ФАРБЕР Д.Д.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор МИХТАРИКОВ Я.М. и кандидат технических наук ВОЛОДАРСКИЙ Б.Я.

Ведущее предприятие - Челябинский филиал Всесоюзного научно-исследовательского и проектно-технологического института стальных конструкций (ЧФ ВНИКТИСК).

Автореферат разослан "___" апреля 1973 г.

Защита диссертации состоится "7" мая 1973 г., в 15 час., в ауд. 244 на заседании Совета по присуждению учёных степеней инженерно-строительного факультета Челябинского политехнического института им. Ленинского комсомола (454044, г. Челябинск, 44, проспект им. В.И.Ленина, 76, главный корпус, тел. 39-39-64).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Просим Вас и сотрудников Вашего учреждения, интересующихся темой диссертации, принять участие в заседании Совета или прислать отзыв на автореферат в 2-х экземплярах, заверенных печатью.

Учёный секретарь Совета
доцент, кандидат технических наук


(КАПРАНОВ В.В.)

Резкое увеличение выпуска металлоконструкций, предусмотренное рядом постановлений Партии и Правительства будет обеспечено как за счет строительства новых заводов металлоконструкций (ЗМК), так и за счет значительного увеличения эффективности производства на существующих заводах.

В современных условиях для повышения эффективности производства, исключительное важное значение имеют проблемы совершенствования организации производства, механизации и автоматизации управления им.

Наиболее полно эти проблемы решаются в автоматизированных системах управления производством (АСУП). Создание АСУП требует точной взаимоувязки трех сторон:

1. Организационно-экономической, к которой, к которой можно отнести функциональные связи, структуру производства и управления, критерии оптимальности, эффективности системы, стимулы и т.п. (так называемая "*management system*").

2. Математической, к которой относятся формализация связей, математические модели производства и управления, алгоритмы и программы решения задач управления и т.д.

3. Технической, включающей в себя комплекс технических средств управления, их разработку и способы использования (так называемая "*technikal control system*").

Наиболее сложной, важной и ответственной частью разработки АСУП являются две первые стороны: синтез новой организационной системы и построение математической модели управляемого процесса и алгоритмов решения задач управления.

Исследование особенностей производства необходимо не только для разработки АСУП, но имеет и самостоятельное значение, т.к. совершенствование самой системы управления производством приносит достаточно внушительный экономический эффект и без средств автоматизации, которые умножают его.

В главе I дан обзор опыта машиностроения в области совершенствования организации производства и состояния уровня производства строительных металлических конструкций.

Технический прогресс в организации производства на машиностроительных предприятиях осуществляются на основе принципов специализации, конструктивной унификации (стандартизации, нормативизации, агрегатирования), пропорциональности, автоматизации, параллельности выполнения операций, ритмичности и непрерывности загрузки предприятий, прямоточности технологических процессов, профилактики.

Решению вопросов рациональной организации производства, автоматизации технологических процессов и управления посвящены работы Митрофанова С.П., Ганштака В.М., Думлера С.А., Соколицына С.А., Петрова В.А., Парамонова Ф.И., Дудорина В.И. и многих других.

Большое внимание вопросам совершенствования организации производства придается и за рубежом. Широкую известность получили работы Ариса Р., Беллмана Р., Бира С., Гуда Г., Гурнея Б., Саати Г., Черчмена У. и других.

В машиностроении достигнут высокий уровень специализации, кооперирования, автоматизации. Все внедренные на сегодня АСУП для предприятий с дискретным*) характером производства осуществлены в машиностроении.

По характеру производства отечественные ЗМК наиболее близки к предприятиям машиностроения, выпускающим индивидуальную продукцию.

В решениях Всесоюзного Совещания по совершенствованию производства металлических конструкций (май 1971 г., г. Днепропетровск) отмечалось, в частности, значительное отставание роста мощностей ЗМК от потребностей народного хозяйства, низкий уровень специализации заводов, медленный рост производительности труда, раздробленность проектирования, вызывающая индивидуальность конструктивных решений, широкий ассортимент выпускаемой продукции, малые объемы применения типовых конструкций, недостаточное внимание к требованиям технологичности и т.д.

*) на предприятиях с непрерывным характером производства (например, в химической промышленности) уровень автоматизации процессов управления более высок).

Основными путями решения этих вопросов являются: разработка и широкое применение в практике типовых конструкций для наиболее массовых объектов строительства, специализация ЗМК на ограниченный ассортимент продукции, внедрение поточного производства.

В научной литературе по металлострою широко освещаются вопросы действительной работы металлоконструкций, совершенствования методов расчета и конструирования, применения новых эффективных материалов и видов проката. Однако, работ, посвященных вопросам изготовления металлоконструкций, специализации ЗМК, совершенствование технологических процессов очень мало. К ним относятся работы Лихтарникова Я.М., Сахновского М.М., Абаринова А.А., Чеснокова А.С., Пешковского О.И., Кузнецова А.Ф., Гая А.Ф., Стрелецкого Д.Н., Краснова В.М. Особо следует отметить основополагающее значение для развития и совершенствования производства металлоконструкций и их монтажа работ Беляева Б.И.

Наиболее полно в этих работах исследовано влияние конструктивно-технологических особенностей металлоконструкций на трудоемкость их изготовления.

Однако, проблема влияния конструктивно-технологических особенностей металлоконструкций на саму организацию их производства не получила в литературе должного освещения и недостаточно исследованы. Особенно мало внимания уделяется цехам обработки полуфабриката, организация производства в которых более сложна, чем в других подразделениях ЗМК.

В связи с этим в настоящей работе поставлены следующие задачи:

1. Изучение особенностей производства и оборота оперативной технической документации в цехах обработки ЗМК и сопоставление с предприятиями машиностроения.
2. Изучение системы оперативного управления (в первую очередь, оперативного планирования) и анализ её эффективности.
3. Выявление влияния отдельных конструктивно-технологических факторов на ход производства и некоторые его показатели (ритмичность, длительность производственного цикла) в существующих условиях.
4. На основе результатов работ п.п. 1,2,3 разработать основы методики календарно-плановых расчетов для недельного и месячного планирования, систематизировать виды деталей и конструкций,

разработать рекомендации по повышению эффективности производства для конструкторов, технологов и плановиков.

Поставленные задачи решены на основе изучения фактического состояния уровня организации производства на передовом отечественном ЗМК (Челябинском ЗМК им. С.Орджоникидзе), анализа технической документации, а также натурных наблюдений и хронометража производственных процессов.

Глава II посвящена анализу влияния выпускаемой продукции на организационную структуру ЗМК и его цехов обработки.

По числу работающих (2500-3500 человек) и объёму производства (25-35 млн.руб. в год) крупные отечественные ЗМК (около 100 000 т конструкций в год) следует отнести (по классификации машиностроения) к предприятиям средней мощности.

Однако по системе технической документации, организационной структуре, подготовке и планированию производства ЗМК значительно отличаются от предприятий машиностроения.

Основные особенности организационно-технологической структуры ЗМК определяются широким ассортиментом выпускаемой продукции.

Прежде всего, это сказывается на системе чертежного хозяйства (двухстадийное проектирование - КМ и КМД, вместо применяемого в машиностроении трехстадийного) и необходимости разработки полного комплекта всей конструкторско-технологической документации (рабочие чертежи КМД, сопроводительные и диспетчерские листы, наряды, листы складу и листы полуфабриката и т.д.) на каждый типоразмер конструкций, число которых измеряется сотнями тысяч. При этом, разработка всей документации выполняется на каждый типоразмер, независимо от того, как часто повторяется его производство (что, справедливо ради отметим, случается весьма редко).

На каждые 1000 т строительных металлоконструкций приходится 60-80 рабочих чертежей КМД, 80-120 диспетчерских и 400-600 сопроводительных листов, 2800-3500 нарядов на отдельные операции обработки, 80-120 листов складу и листов полуфабриката. При этом, количество наименований сборочных марок (деталей) составляет 2000-3000 при общем их количестве 18000-25000 на каждые 1000 т металлоконструкций.

Большие объёмы работ по разработке конструкторско-технологической документации обусловили значительное развитие отдельов главного конструктора и главного технолога.

На отечественных ЗМК (в отличие от машиностроительных предприятий такого ранга) принята, в целом, бесцеховая система организации производства, отличающая тем, что основные функции подготовки производства, оперативного планирования, управления и учета централизованы и сосредоточены в службах завоудуправления.

Централизация функций управления является одной из важных предпосылок к внедрению АСУП. Заводы металлоконструкций более подготовлены к этому, чем многие другие предприятия и для успешного внедрения АСУП на ЗМК потребуются минимальные организационные перестройки.

Планово-распределительные бюро (ПРБ) цехов обработки весьма малочисленны и осуществляют лишь диспетчерские функции по выполнению недельных и месячных программ. Даже общезаводские подразделения, членосредственно занимающиеся оперативным планированием (и заодно диспетчированием) более чем минимальны на большинстве отечественных ЗМК. Так, на Челябинском ЗМК эти функции выполняют 5-6 человек - сам начальник производства, два его заместителя и 1-2 диспетчера.

Для подавляющего большинства цехов обработки характерен агрегатно-поточный способ организации производства. На ряде заводов смонтированы и работают отдельные поточные линии. Однако, в условиях производства широкой и постоянно меняющейся номенклатуры конструкций не удается полностью обеспечить загрузку поточных линий.

Для успешной реализации всех преимуществ поточного производства необходима узкая специализация ЗМК на ограниченный ассортимент типизированных конструкций. В настоящее время ЦНИИ Проектстальконструкция завершает разработку типовых конструкций для наиболее массовых видов продукции ЗМК (конструкций одноэтажных промзданий).

На первых этапах специализации, на наш взгляд, наиболее важное значение имеет не столько типизация конструкций, сколько стабилизация набора конструкций в программах, их повторяемость

во времени, т.к. постоянно меняющиеся наборы даже типизированных конструкций могут свести на нет все выгоды специализации и поточного производства.

В главе II рассматриваются особенности системы подготовки, оперативного планирования и управления производством полуфабриката и дан анализ изменения квартальных, месячных и недельных программ.

Система подготовки, оперативного планирования и управления производством полуфабриката, принятая на отечественных ЗМК, базируется на принципах группового производства. Принципы группового производства были разработаны в 30-е годы на Ворхнесалдинском ЗМК (главный инженер - Беляев Б.И., начальник производства - Белобородов П.С.) и положены в основу организации цехов обработки всех ЗМК задолго до того, как они были применены в машиностроении (в 40-х годах).

В главе приводится описание методики оперативного планирования, разработки конструкторско-технологической документации, её движения в цехах обработки (рис. I).

Номинально планово-учётной единицей в цехах обработки является чертёж КМД. Однако, большое разнообразие одновременно изготавливаемой продукции затрудняет почертёжное планирование и учет. Так, в цехе обработки №I Челябинского ЗМК (около 7000 т полуфабриката в месяц) одновременно ведется обработка деталей по примерно 100 чертежам КМД. Поэтому фактически планово-учётной единицей является I т выпускемой продукции.

Планирование и учёт по тоннажу обезличивает технологические конструкции, что приводит к перегрузке некоторых технологических потоков и отдельных видов оборудования, вызывая систематические корректировки оперативных планов (замена чертежей, добавление новых, ранее непредусмотренных, перенос сроков запуска-выпуска). Этому способствует также и то, что из-за больших объёмов маршрутно-технологической документации и отсутствия укрупнённых плановых нормативов невозможен предварительный анализ реальности намечаемых программ.

При такой методике планирования естественным выходом является создание перенапряженных планов (если оценивать их напряженность по требуемому среднемесячному тоннажу выпускаемой продукции).

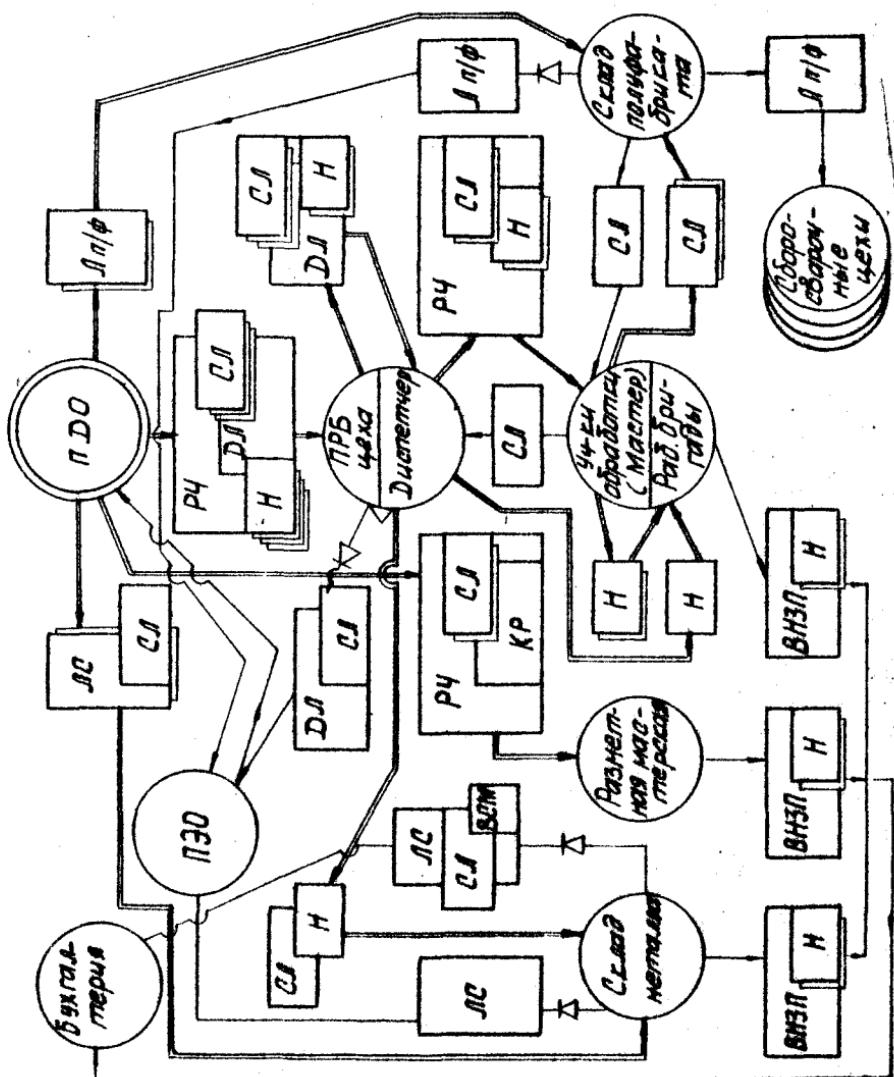


Рис. I Схема оборота маршрутно-технологической документации в цехе обработки № 1 Челябинского ЗМК.

Условные обозначения: ЛЛ-диспетчерские листы, РЧ- рабочие чертежи КМЛ, СЛ-сопроводительные листы, Н-наряда на операции, ЛС-листы складу, Лп/Ф-листы полубраката, КР-карты раскроя, ВСМ-ведомость стоковой подачи металла, ВИЗЛ-ведомость начисления зарплаты, Н-ОТК.
 — Поступление документов, — возврат документов.

Как показал анализ документов оперативного планирования и учета (годовых, месячных и недельных программ, суточных сводок ОПП и декадных донесений), избыточность оперативных программ в 1,5 - 1,8 раза превышает потребности плана, что объясняет низкий процент их реализации, составляющий 50 - 65 %.

70 - 80 % тоннажа месячных программ набирается за счет "тяжелых" чертежей (масса конструкций на I чертеже более 20 т) - см. рис. 2 а. При этом и степень их реализации (т.е. отношение реализованных объемов ко всем включенным в программу) выше, чем для "легких" чертежей (масса конструкций на I чертеже менее 15т).

С другой стороны, количество "легких" чертежей составляет более половины чертежей месячной программы (см.рис. 2 б).

На рис. 3 показана ритмичность работы цеха обработки в течении месяца, оцененная по различным показателям (сдача полуфабриката в т, сдача диспетчерских и сопроводительных листов, фактические трудозатраты).

Неритмичность сдачи полуфабриката по тоннажу объясняется тем, что в начале месяца преобладают "легкие" чертежи (с более высокой удельной - на 1 т - трудоёмкостью). Во второй половине месяца, когда становится ясным, что фактический выпуск всё более и более отстает от планового, привлекаются более "тяжелые" чертежи (удельная трудоёмкость которых существенно ниже), что и дает возможность обеспечить выполнение месячного плана.

Как видно, из рис. 3, график сдачи сопроводительных листов (основного оперативного документа цехов обработки) отличается наибольшей ритмичностью. На наш взгляд, это объясняется тем, что ежесуточная производительность цехов обработки во многом определяется "производительностью" мастеров на технологических потоках, их способностью организовать и постоянно следить за ходом обработки деталей по большому количеству сопроводительных листов (до 100 сопроводительных листов на I мастера в смену).

В главе IV изложены результаты натурных наблюдений за ходом производственных процессов в цехах обработки ЭМК.

В оперативной маршрутно-технологической и учетной документации сведения о ходе производственных процессов отражаются явно недостаточно. Наиболее полные и достоверные сведения можно получить лишь в результате непосредственных наблюдений.

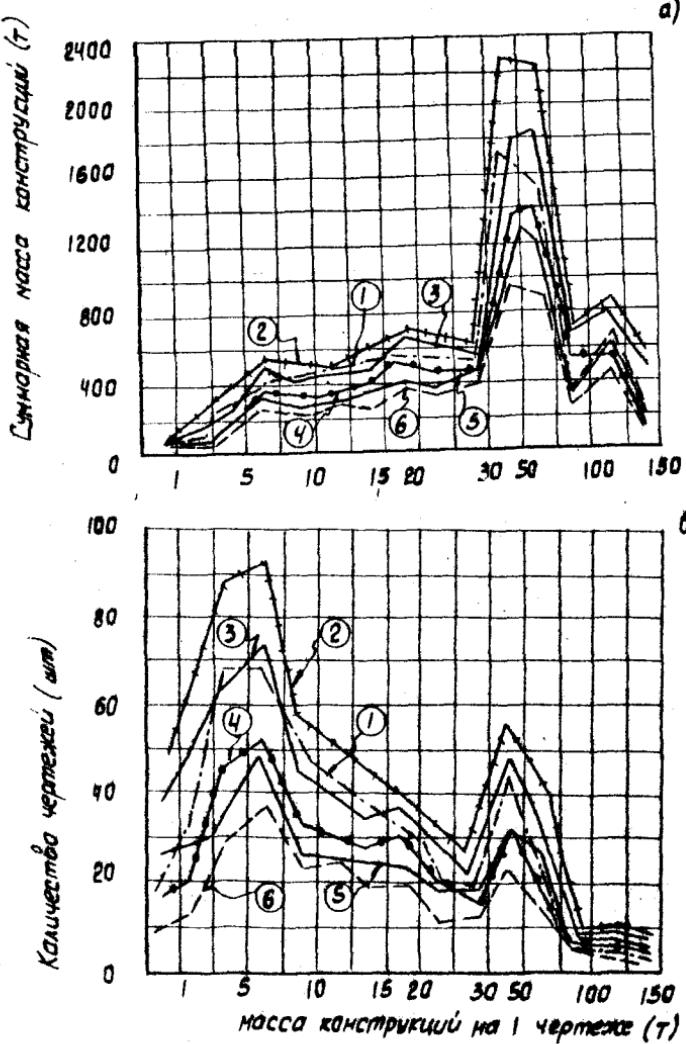


Рис. 2. Распределение чертежей в месячной программе
условные обозначения: 1 - первоначальный набор чертежей, 2 - суммарный набор чертежей с учетом дополнительных включенных в программу, 3 - полный запуск в производство, 4 - запуск чертежей из первоначального набора, 5 - полный выпуск, 6 - выпуск из чертежей первоначального набора.

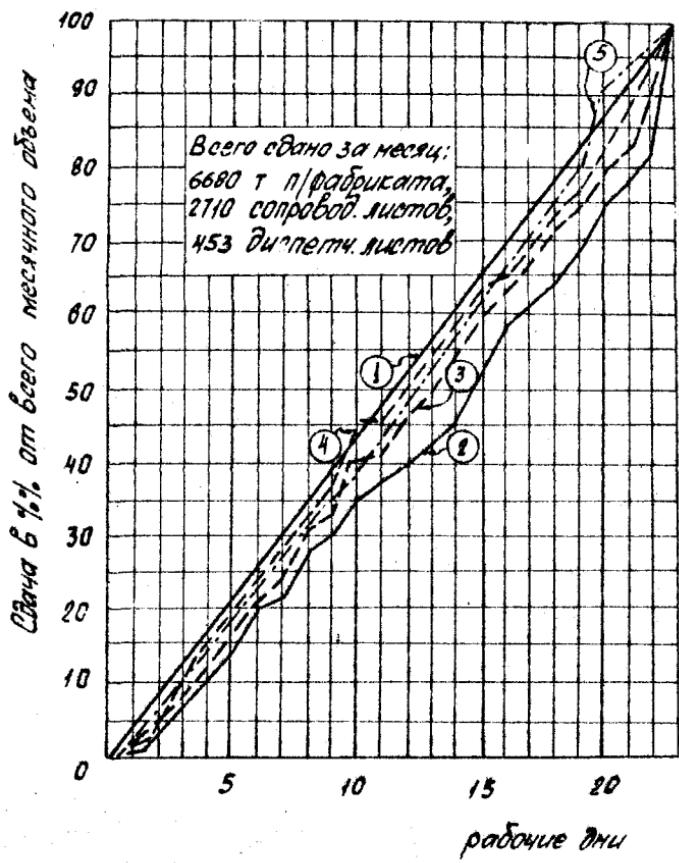


Рис. 3. Ритмичность работы цеха обработки № 1 ЧЗМК
в течение месяца (июль 1969 г.).

Условные обозначения:

- 1 - линия ритмичной работы,
- 2 - сдача полуфабриката в т.,
- 3 - сдача диспетчерских листов,
- 4 - сдача сопроводительных листов,
- 5 - фактические трудозатраты (по табельному учету).

В 1969 и 1970 годах под руководством автора был проведен хронометраж производственных процессов в цехах обработки Челябинского ЗМК^{*}.

Хронометраж процесса обработки полуфабриката производился по группе деталей, изготавляемых по I сопроводительному листу. Были получены фотографии цикла обработки деталей различных типов (с общим тоннажом около 7000 т) по 1905 сопроводительным листам.

Наблюдения проводились для каждой группы деталей с момента подачи металла на обработку до сдачи деталей на склад полуфабриката. Хронометристы работали круглосуточно, по скользящему графику.

На бланках наблюдения фиксировалось время поступления металла в цех обработки, подачи его к тому или иному станку, начала и конца операций, перерывов, погрузки на транспортные средства или передачи к следующему станку.

Полный хронометраж транспортных операций не проводился, т.к. уже после первых дней выяснилось, что на каждую передачу от станка к станку затрачивается, в среднем, 5 минут. Если транспортные операции на одной передаче превышали 5 минут на бланке наблюдений указывались причины задержки.

Обработка результатов хронометража и других данных проводилась обычными методами статистики и теории корреляции.

Как показали результаты хронометража, длительность цикла обработки деталей по I сопроводительному листу составляет от 20 до 50 часов в зависимости от типа деталей. Из-за неодновременного запуска деталей в производство и их сдачи на склад полуфабриката длительность цикла обработки деталей по I чертежу КМД составляет 7-8 суток, при колебаниях от 3 до 25 и более суток.

Время непосредственной работы над деталями составляет не более 10-15 % от общей длительности цикла, что свидетельствует о больших резервах её сокращения за счет времени межоперационного пролеживания, составляющего 75-80 %.

Было установлено, что фактическая трудоёмкость обработки деталей в 1,4 раза превосходит нормативную, отражаемую в диспетчерских листах.

*) За этот период хронометристами было отработано более 1400 чел.-смен.

Это несоответствие объясняется двумя причинами: 1) часть операций (подача металла, транспортирование, разметка, правка, очистка грата и т.д.) не нормируется и не отражается в диспетчерских листах; 2) часть норм (кислородная резка, сверление и проколка) несовершены и не соответствуют фактическим трудозатратам. Поэтому использование данных диспетчерских листов для нужд оперативного планирования на данном этапе не представляется возможным.

Все многообразие деталей строительных металлоконструкций удалось объединить в 16 классов деталей, характеризующихся общностью конструктивных и технологических особенностей. В основу классификации были положены конструктивная форма (вид проката и размеры), технологические возможности имеющегося на ЗМК оборудования (толщина деталей или № фасонного проката) и сложившиеся в цехах обработки маршруты их движения. Для целей данной работы такой уровень классификации достаточен, хотя в каждом из классов возможна дальнейшая разбивка на подклассы, группы и т.д.

В результате обработки результатов хронометража для каждого класса деталей были получены среднестатистические значения удельной (на 1 т деталей) трудоёмкости отдельных операций, а также некоторых конструктивно-технологических характеристик (табл. I).

Классификатор деталей (табл. I) позволяет достаточно точно определить фактическую трудоёмкость отдельных операций обработки деталей для любых конструкций (в том числе, и проектируемых впервые), если известно распределение металла в этих конструкциях по классам деталей.

Анализ маршрутно-технологической документации показал, что каждый тип конструкций характеризуется определенным набором тех или иных деталей. В качестве примера на рис. 4 приведено распределение металла по различным классам деталей для некоторых конструктивных элементов зданий.

Натурные наблюдения в цехах обработки позволили показать, что преобладание в отдельных конструкциях тех или иных классов деталей предопределяет и трудоёмкость, и длительность цикла обработки деталей по каждому чертежу, и степень загрузки технологических потоков и отдельных видов оборудования.

В условиях постоянно меняющихся наборов конструкций (чертежей) месячных или недельных программ (определяемых годовыми

*Классификатор типов деталей
строительных металлоконструкций*

Таблица 1

Показатели	Тип деталей		Листовые детали		Детали из уголка		Детали из обутовки и шв.		Детали из трубы		Детали из края		
	$\delta \leq 20\text{мм}$	$\delta > 20\text{мм}$	$\delta_l \leq 20\text{мм}$	$\delta_l > 20\text{мм}$	№ Е 30	№ > 30	№ Е 30	№ > 30	№ Е 30	№ > 30	№ Е 30	№ > 30	
Ср. масса деталей по исп.р. листу (т)	0.72	4.00	1.31	5.15	1.03	2.90	205	7.00	1.36	2.90	0.33	3.70	4.50
Число вида наимен. сб. м. на 1 исп.р. листе	4	3	4	2	2	4	3	4	3	4	2	3	4
Общее кол-во сб. нар. на 1 исп.р. листе	70	36	38	29	65	45	64	41	31	38	22	21	41
Средняя масса общей сбор. наряды (кг.)	4.7	32.0	22.9	345.0	8.3	82.5	320	71.0	16.3	89.0	14.8	111.0	M20
Ср. длительн. числа заряд. дет. по ГСЛ (час)	27	40	43	54	31	18	30	45	30	45	12	39	36
Наивольшее залучен. заряд. по ГСЛ (числ. % кес.)	48	70	80	120	55	55	65	80	51	60	48	56	48
Разнотекно-накатка	2.16	0.44	1.05	0.25					1.84	0.20	0.21	0.40	0.24
Накатка и резка нож.	5.25												
Резка ножевая	3.19	0.58	—	—	2.01	0.50	—	—	2.10	0.41	—	—	0.54
Резка на пиле	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.55	0.59	—
Резка кислор.автом.	7.97	0.45	2.93	0.40	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Резка кисл. гидротон.	—	0.65	1.48	0.82	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Резка кислор.ручн.	1.94	0.38	1.70	0.26	0.66	0.55	—	—	2.36	0.99	0.53	0.88	0.63
Снятие грата	—	0.73	1.73	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Пробка на плос. болт.	—	0.43	0.78	0.23	—	0.29	—	—	—	—	—	—	—
Пробка на фрикцион.	1.12	—	0.56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Пробка на пласти.	0.86	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Пробка на куличк.прес.	0.61	—	0.41	—	—	—	—	—	3.15	1.40	0.20	—	—
Стройка	2.56	0.53	3.31	2.22	0.53	—	—	—	—	—	—	—	—
Фрезеровка	7.16	0.68	0.89	0.41	0.55	0.88	—	—	1.95	1.22	0.55	0.52	—
Разнотекн. и вырез.	—	0.15	—	0.11	3.57	1.04	—	—	0.67	0.28	0.29	0.18	—
Грохолка	1.84	1.04	—	—	1.42	0.76	—	—	—	—	0.52	—	—
Сверление	2.86	0.44	0.80	0.57	2.18	0.78	—	—	1.07	0.44	0.42	—	—
Гибка	2.19	1.04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Вальцовка	—	0.60	—	0.71	—	—	—	—	3.50	2.50	0.72	—	—
Средневзвеш.уделка (мот.) трудоемк. обработ.	7.92	20.9	6.05	1.62	3.48	1.98	—	—	4.05	1.79	2.55	1.15	0.71

Примечания: 1. Средневзвешенная трудоёмкость $\bar{t} = I_a t_i$, где t_i - трудоёмкость, a_i - частота встречаемости i -той операции. 2. Свободная клеточка означает, что во время наблюдений эта операция не выполнялась или число наблюдений было не более 10. Прочерк означает, что для данного класса деталей эта операция вообще не выполняется. 3. Данные граф, отмеченных звездочкой *, получены при ограниченном числе наблюдений (менее 50) и подлежат уточнению.

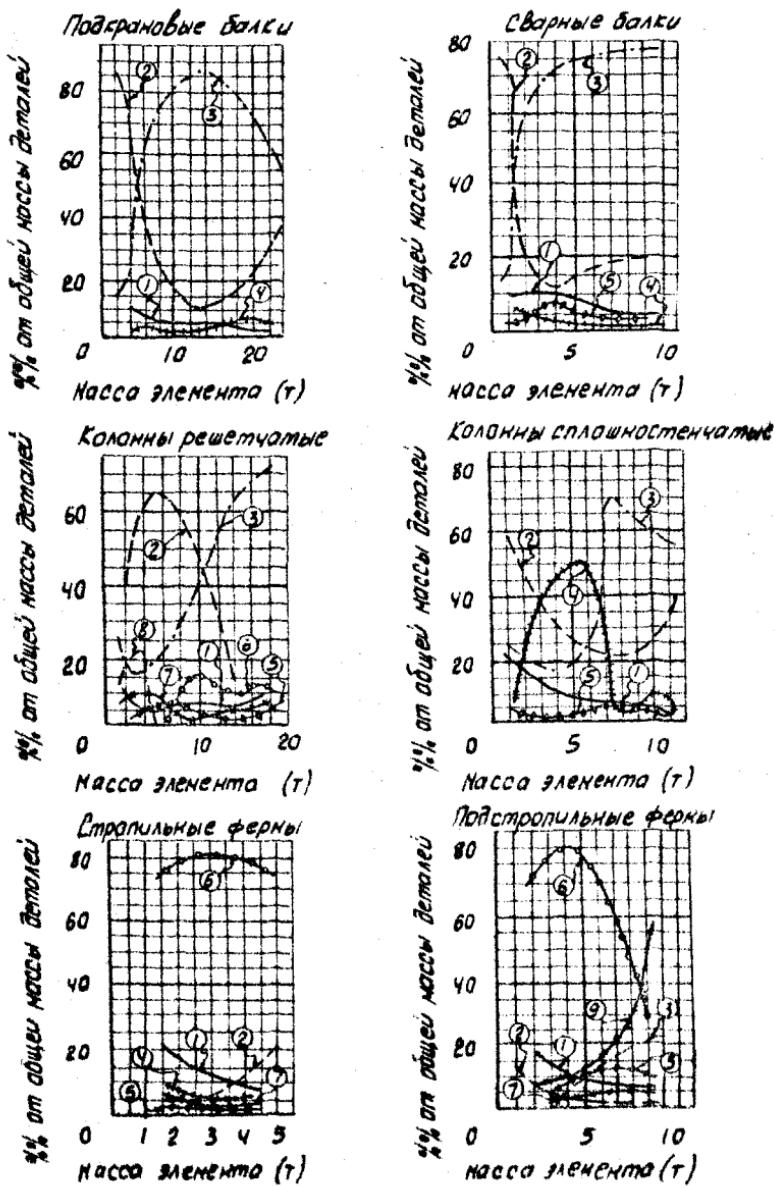


Рис.4. Распределение металла по типам деталей в конструктивных элементах одноэтажных промзданий.
Условные обозначения: 1-лист $b \leq 20$ мм, мелк.; 2-лист $b > 20$ мм, крупн.; 3-лист $\delta \geq 20$ мм, крупн.; 4-1,5 $\leq \delta \leq 30$, крупн.; 5-лист $\delta > 20$ мм, мелк.; 6-уголок $\varnothing \leq 20$ мм, крупн.; 7-уголок $\varnothing \leq 20$ мм, мелк.; 8-1,5 $\leq \varnothing < 30$, крупн.; 9-уголок $\varnothing > 20$ мм, крупн.

и квартальными заданиями заводу), при отсутствии календарно-плановых расчетов невозможно заранее предугадать, какой вид оборудования окажется лимитирующим.

Как показал хронометраж простоев основных видов оборудования, проведенный в 1972 году, потери рабочего времени из-за неритмичной загрузки составляет 10-15 % от имеющегося фонда рабочего времени.

Можно утверждать, что конструктивная форма изделий (которую характеризует распределение металла по классам деталей) оказывает решающее воздействие на уровень и ритмичность загрузки оборудования, длительность цикла, трудоемкость и, в конечном счете, на эффективность работы цехов обработки.

На эффективность производства большое влияние также оказывают количество наименований и общее количество отправочных и оборочных марок, количество сопроводительных листов на I чертеж и ряд других факторов.

В главе У рассматриваются результаты первого опыта установления связи между этими факторами (названными "конструктивно-технологическими характеристиками (показателями)" и некоторыми характеристиками производственного процесса.

Как показал анализ маршрутно-технологической документации, все многообразие конструкций, изготавливаемых на ЗИК, можно группировать в конечное число классов на основе общности конструктивно-технологических показателей. В специальной литературе не получили достаточного освещения те или иные конструктивно-технологические особенности металлоконструкций. Это и послужило отправным моментом к разработке классификатора металлических конструкций, который содержал бы необходимые данные.

При разработке классификатора преследовалось несколько целей. Во-первых, получение среднестатистических значений конструктивно-технологических характеристик (показателей), необходимых для оценки уровня выполнения рабочих чертежей металлоконструкций. Во-вторых, использование статистических характеристик (прежде всего, по распределению металла по типам деталей) при технологическом проектировании*).

*) Разработанный классификатор применен институтом ЦНИИ Проектстальконструкция при проектировании поточных линий по обработке деталей металлоконструкций.

В-третьих, оценка загрузки различных видов оборудования при составлении месячных программ, когда конкретных чертежей КМД ещё нет, т.к. месячные программы комплектуются имеющимися в наличии чертежами на 40-50 %, а остальная часть программы комплектуется по спискам чертежей, намеченных к выпуску в будущем месяце.

В 1969-1972 годах автором при участии Козина В.П. разработан классификатор металлических конструкций одноэтажных промзданий (включающий около 50 классов) и комплекса домны (более 90 классов). В дальнейшем намечено разработать аналогичные классификаторы на всю номенклатуру металлоконструкций.

В основу классификации положены принципы разбивки различных сооружений на отдельные конструктивные элементы, принятые в прейскуранте № 01-09 "Оптовые цены на строительные стальные конструкции", 1967 г. Для каждого из выделенных классов было отобрано по 10-12 чертежей-типопредставителей из большого числа объектов, конструкции которых изготавливались на Челябинском ЗМК в 1966 - 1971 годах.

Конструктивно-технологические показатели разделены на 2 группы. В первой группе показателей отражены: средняя масса конструкций на I чертеже КМД, масса I отправочной марки, количество наименований и общее количество отправочных и сборочных марок, среднее количество сборочных марок на I отправочную марку, количество крупных деталей, марка стали основных элементов. Значения этих характеристик определялись путем непосредственного подсчета по каждому из 10-12 отобранных чертежей.

Во второй группе показателей отражено распределение металла и сопроводительных листов по различным классам деталей. Эти показатели определялись путем группировки деталей по сопроводительным и диспетчерским листам по каждому из чертежей.

Отдельные показатели первой группы имеют значительный разброс, объясняемый как особенностями конструкций, так и разным количеством отправочных марок. Однако показатели второй группы достаточно стабильны для всех отобранных чертежей класса.

Было установлено, что масса конструкций на I чертеже КМД не влияет на количество наименований отправочных и сборочных марок, сопроводительных листов, она не оказывается на длительности цикла обработки деталей по I чертежу. Это вызвано, очевидно,

тем, что масса конструкций на I чертеже колеблется в весьма широких пределах (по I чертежу КМД изготавливается от 1 до нескольких десятков, а то и сотен отправочных марок).

Убедительно ($r = 0,72$; $\sigma = \pm 2,7$; $v = 29\%$) проявилась корреляционная связь между количеством сопроводительных листов ($Q_{\text{с.л.}}$) и количеством наименований сборочных марок ($Q_{\text{н.сб.м.}}$) на I чертеже, которую можно представить в виде:

$$Q_{\text{с.л.}} = 2,99 + 0,19 Q_{\text{н.сб.м.}} \quad (1)$$

Из (1) следует, что каждые 5 новых наименований (позиций) сборочных марок приводят к появлению 1 сопроводительного листа.

Не менее убедительной ($r = 0,88$; $\sigma = \pm 4,41$; $v = 44\%$) оказалась связь между количеством сопроводительных листов и количеством примененных на I чертеже видов проката:

$$Q_{\text{с.л.}} = 1,96 + 2,16 Q_{\text{в.пр.}} \quad (2)$$

Из (2) следует, что каждый новый типоразмер проката (например: С 12 и С 16 – два типоразмера) приводит к появлению 2-х сопроводительных листов. Действительно, в каждый сопроводительный лист редко вносятся детали более, чем одной толщины для листовых или более одного номера для профильных деталей, т.к. в противном случае усложняется подготовка и подача заготовок со склада металла.

Как уже отмечалось выше, объём маршрутно-технологической документации (и прежде всего, сопроводительных листов) оказывает существенное влияние на ход производства. Корреляционный анализ показал, что из всех других конструктивно-технологических показателей (масса конструкций, их тип, количество отправочных и сборочных марок), именно этот ($Q_{\text{с.л.}}$) ощутимо связан с длительностью цикла обработки деталей по I чертежу ($T_{\text{ц}}$) следующей зависимостью:

$$T_{\text{ц}} = 67,9 + 4,93 Q_{\text{с.л.}} (\text{час}) \quad (3).$$

Хотя эта связь и недостаточно тесная ($r = 0,32$; $\sigma = \pm 48$; $v = 43\%$), но вполне логична, т.к. с увеличением количества сопроводительных листов возрастает вероятность значительного сдвига сроков запуска в производство отдельных групп деталей, что, естественно, увеличивает длительность общего цикла обработки деталей по чертежу.

Более четкой ($r=0,85$; $G=15$; $V=44\%$) является зависимость длительности цикла обработки деталей по I сопроводительному листу ($T_{ц}^I$) от количества технологических операций (Нт.оп.), которую можно представить как:

$$T_{ц}^I = 5,0 + 9,5 \text{ Нт.оп. (час)} \quad (4)$$

Отсюда следует, что выполнение каждой операции занимает около 10 часов, из которых время непосредственной работы над деталями составляет не более 10 %, а остальное время занимает транспортные операции и межоперационное пролеживание. Отсюда можно сделать вывод, что совмещение ряда операций (например, кислородная разделительная резка и кислородная обработка кромок) не только приводит к прямой экономии трудозатрат на транспортных операциях, но и способствует сокращению времени пролеживания деталей.

В главе VI изложены некоторые предложения по совершенствованию производства полупроизводства на ЭМК.

Главным направлением повышения эффективности производства на ЭМК является их специализация и связанное с ней широкое внедрение поточных линий.

Специализация заводов на ограниченную номенклатуру изделий приближает условия производства к средне- и крупносерийному. Это принципиально упрощает многие вопросы организации производства и дает возможность использовать большой опыт машиностроения в совершенствовании, механизации и автоматизации управления.

На первых этапах специализации решающее значение имеет стабилизация набора конструкций в программах как по объемам, так и во времени. Такая стабилизация дает возможность для специализации отдельных цехов и участков.

Непрерывно меняющиеся наборы даже типизированных конструкций в годовых и недельных программах могут свести на нет весь эффект специализации.

Специализацию заводов целесообразно начинать с малых и средних заводов (до 60 тыс.т. конструкций в год), т.к. для заводов такой мощности проще обеспечить стабильные, повторяющиеся из года в год задания по выпуску определенных конструкций. Для более правильного учета требований специализации при распределении заказов по заводам предлагается создать кустовые объединения

ЗМК в промышленных зонах (ряд мелких и средних заводов во главе с крупным ЗМК), что повысит оперативность и эффективность планирования, упростит решение вопросов материального обеспечения, расширит возможности специализации и кооперации.

Проектируемые и уже построенные поточные линии по обработке деталей выполняются по "жесткой схеме", при которой все обрабатываемые детали в обязательном порядке проходят все станки и агрегаты. Последовательное, линейное расположение оборудования обуславливает значительную длину этих линий.

В условиях ЗМК более перспективной, на наш взгляд, является "гибкая" схема поточных линий, которая, благодаря проходному рольгангу, обеспечивает возможность подачи детали к любому станку выборочно и, при необходимости, сквозного движения. Длина таких линий, благодаря двухрядной расстановке оборудования, существенно сокращается.

"Гибкая" линия, сохранив все преимущества поточных линий, приобретает и преимущества агрегатно-поточного способа производства (прежде всего, универсальность и повышенную надежность всей системы станков).

Важнейшим направлением повышения эффективности производства в существующих условиях является внедрение календарно-плановых расчетов при оперативном планировании.

Сокращение потерь рабочего времени при улучшении планирования может составить не менее 10 % от общего фонда рабочего времени (т.е. на столько же может быть увеличен выпуск продукции). Большой эффект приносит за счет ускорения оборачиваемости средств и сокращение длительности цикла. Так, сокращение длительности цикла на 1 день дает Челябинскому ЗМК дополнительный годовой эффект 90 000 руб.

Предлагаемая в работе методика выполнения расчетов при разработке недельных и месячных программ базируется на сравнении потребных трудозатрат по каждой операции с имеющимися фондами рабочего времени.

Для выполнения необходимых расчетов предлагаются новые формы маршрутно-технологической документации (сопроводительные и диспетчерские листы) и бланки недельных графиков. Основное отличие новых форм от старых состоит в том, что для каждого вида оборудования в них предусматриваются отдельные графы, что обеспечивает возможность дифференцированного учета загрузки отдельных рабочих мест.

В сопроводительных листах конструкторские реквизиты (характеристики подаваемого металла, наименования сборочных марок, их размеры и количество) отделены от технологических. В технологических реквизитах, кроме перечня технологических операций, предлагается указывать также норму времени, сроки выполнения, рабочие посты. При новой форме сопроводительных листов можно обходиться меньшим количеством их экземпляров и отказаться от выписки нарядов на отдельные операции.

Для определения потребных трудозатрат при месячном планировании (когда отсутствуют конкретные чертежи и необходимая документация) предлагается использовать разработанные классификатор типов деталей (табл. I) и классификаторы металлоконструкций.

Для выполнения подобных расчетов предлагается создать в производственно-диспетчерских отделах бюро оперативного планирования численностью 5-6 человек (2-3 человека - на картотеку нормативов, 2 - расчетчики-плановики, 1 - начальник бюро).

Предлагаемая в работе методика предназначена для первых этапов внедрения календарно-плановых расчетов. По мере отработки методики и нормативов планирования станет возможным переход к выполнению этих расчетов с помощью ЭВМ.

Анализ существующих математических методов оптимального планирования показал, что в условиях ЭМК наиболее приемлем матричный метод Петрова В.А.*).

Совокупность k деталей (групп деталей), подлежащих обработке на m станков, задается в виде матрицы пооперационных времен в виде:

$$\mathbf{t} = \begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} & \dots & t_{1s} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} & \dots & t_{2s} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{k1} & t_{k2} & t_{k3} & \dots & t_{ks} \end{pmatrix}, \quad t_{ij} \geq 0,$$

где t_{ij} - время обработки i -той партии деталей на j -той операции.

Условие отсутствия перерывов в работе станков (математическая модель процесса) представляется в виде:

*). Петров В.А. Планирование поточно-группового производства. Машгостроение. М., 1966.

$$\begin{aligned}
& \alpha_1 \sum_{j=\ell_2}^s t_{1,j} + \alpha_2 \sum_{j=\ell_2}^s t_{2,j} + \alpha_3 \sum_{j=\ell_2}^s t_{3,j} + \cdots + \alpha_r \sum_{j=\ell_2}^s t_{r,j} + (\alpha_1 - 1) \sum_{j=\ell_2}^s t_{r+1,j} + \\
& + (\alpha_2 - 1) \sum_{j=\ell_2}^s t_{r+2,j} + \cdots + (\alpha_r - 1) \sum_{j=\ell_2}^s t_{2r,j} + (\alpha_1 - 2) \sum_{j=\ell_2}^s t_{2r+1,j} + (\alpha_2 - 2) \times \\
& \times \sum_{j=\ell_2}^s t_{2r+2,j} + \cdots + (\alpha_r - 2) \sum_{j=\ell_2}^s t_{3r,j} + \cdots + \sum_{j=\ell_2}^s t_{k-3,j} + \sum_{j=\ell_2}^s t_{k-2,j} + \\
& + \sum_{j=\ell_2}^s t_{k-1,j} + \sum_{j=\ell_2}^s t_{kj} - \alpha_1 \sum_{j=1}^{\ell_1} t_{1,j} - \alpha_2 \sum_{j=1}^{\ell_1} t_{2,j} - \alpha_3 \sum_{j=1}^{\ell_1} t_{3,j} - \cdots - \alpha_r \sum_{j=1}^{\ell_1} t_{r,j} + \\
& - (\alpha_1 - 1) \sum_{j=1}^{\ell_1} t_{r+1,j} - (\alpha_2 - 1) \sum_{j=1}^{\ell_1} t_{r+2,j} - (\alpha_3 - 1) \sum_{j=1}^{\ell_1} t_{r+3,j} - \cdots - (\alpha_r - 1) \sum_{j=1}^{\ell_1} t_{2r,j} - \\
& - (\alpha_1 - 2) \sum_{j=1}^{\ell_1} t_{2r+1,j} - (\alpha_2 - 2) \sum_{j=1}^{\ell_1} t_{2r+2,j} - \cdots - \sum_{j=1}^{\ell_1} t_{k-2,j} - \sum_{j=1}^{\ell_1} t_{k-1,j} - \sum_{j=1}^{\ell_1} t_{kj} \geq 0, \text{ где:} \\
& r = \lfloor \frac{s}{\ell} \rfloor; \quad \alpha_\ell = \lfloor \frac{k-\ell}{\mu} \rfloor, \text{ при } \ell = 1, 2, 3, \dots, r; \\
& \ell_1 = \frac{s}{2}, \quad \ell_2 = \frac{s}{2} + 1 \text{ (для чётных } s); \quad \ell_1 = \ell_2 = \frac{s+1}{2} \text{ (для нечётных } s).
\end{aligned}$$

Для определения оптимальной очередности запуска партий деталей в производство определяются средние трудоёмкости по первой и второй половинам матрицы для каждой партии деталей по формулам:

$$\bar{T}_{11} = \frac{\sum_{j=1}^{\ell_1} t_{1j}}{s'_{11}} \quad \text{и} \quad \bar{T}_{12} = \frac{\sum_{j=\ell_2}^s t_{1j}}{s'_{12}}, \text{ где:}$$

s'_{11} и s'_{12} – число операций (станков), предусмотренное по технологическому процессу ℓ -той партии, соответственно в первой и во второй частях матрицы.

Сравниваются два варианта запуска деталей в производство:

I. Первыми запускаются партии деталей, для которых $(\bar{T}_{12} - \bar{T}_{11}) > 0$, располагаемые в порядке возрастания \bar{T}_{11} , а затем – партии с $(\bar{T}_{12} - \bar{T}_{11}) < 0$, располагаемые в порядке уменьшения \bar{T}_{11} . В символической записи это правило можно представить так:

$$(+)\uparrow \bar{T}_{11} \text{ и } (-)\uparrow \bar{T}_{11}$$

II. Партии деталей запускаются в порядке уменьшения $(\bar{T}_{12} - \bar{T}_{11})$,

или в символической записи: $\Delta(T_{ij} - t_{ij})$. Критерием выбора оптимального порядка запуска является минимум длительности цикла T_{ij} . Для расчета календарной занятости станков (расчет цикла T_{ij}) предлагается способ цепного расчета последовательным суммированием трудоёмкости обработки партии деталей по данной деталеоперации t_{ij} с наибольшим из значений календарной занятости станков обработкой данной партии на предыдущей операции $T_{i-1,j-1}$ или обработкой предшествующей партии деталей на данном станке $T_{i-1,j}$, или в символьской записи:

$$T_{i,j} = t_{ij} + \max\{T_{i-1,j-1}; T_{i-1,j}\}.$$

Подробное описание математической модели и алгоритма составления оптимальных графиков обработки деталей приведено в приложении I к диссертации.

Для ритмичной работы цехов необходимо обеспечить задел технической документации (рабочие чертежи, диспетчерские и сопроводительные листы). Чтобы это было возможным необходимо иметь опережающий запас металла минимум на 3 месяца, т.к. рабочее проектирование ведется под наличный металл. Кроме того необходимо обеспечить неснижаемый (постоянно пополняемый) недельный запас полуфабриката (помимо объемов незавершенного производства в цехах обборосварки) и недельные графики для цехов сборосварки компоновать, в основном, из этого запаса.

Важное значение имеет сокращение объемов маршрутно-технологической документации, циркулирующей в цехах, что упрощает оперативное планирование и управление, сокращает длительность цикла обработки. Добиться сокращения объемов документации можно следующими мероприятиями:

- а) увеличением массы конструкций на одном чертеже;
- б) уменьшением видов применяемого проката на каждом чертеже;
- в) унификацией деталей в пределах одного чертежа;
- г) объединением нескольких "легких" чертежей на одном диспетчерском листе.

Важным направлением повышения эффективности производства в цехах обработки является сокращение количества операций, достигаемого за счет:

- а) совмещения нескольких операций на одном рабочем месте;
- б) повышения качества и точности резки, исключающего довоенные операции (строжка, фрезеровка);
- в) рационального размещения оборудования, исключающего дополнительные транспортные операции.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие

ВЫВОДЫ

1. Заводы строительных металлоконструкций, благодаря особенностям системы чертежного хозяйства, организационной структуры, подготовки производства, системы оперативного планирования и управления, не имеет аналога среди предприятий машиностроения с индивидуальным характером производства.

2. Широкая номенклатура конструкций и определяемые ей большие объемы оперативной технической документации, а также отсутствие укрупненных нормативов для выполнения календарно-плановых расчетов приводят к систематическим перегрузкам отдельных видов оборудования, вызывая частые корректизы оперативных планов. Степень реализации оперативных планов (т.е. отношение реализованных чертежей по всем включенными в программу) составляет в настоящее время 50 - 60 % .

3. Неритмичная загрузка оборудования приводит к существенным потерям рабочего времени, составляющие 10 - 15 % от имеющегося фонда.

4. Разработан классификатор деталей (табл. I), который позволяет определить трудоемкость отдельных операций обработки полупрофилей для любого типа конструкций при известном распределении металла по классам деталей, в том числе, и проектируемых впервые. Это дает возможность применить классификатор для календарно-плановых расчетов, а также для оценки новых проектных решений.

5. Разработанный классификатор металлоконструкций вместе с классификатором деталей дает возможность: а) оценки трудоемкости месячных и квартальных программ; б) обоснования технологических расчетов при проектировании цехов и поточных линий по обработке полупрофилей; в) оценки уровня выполнения рабочих чертежей КМД.

6. Внедрение календарно-плановых расчетов позволит сократить потери рабочего времени минимум вдвое, что обеспечит повышение производительности труда на 5-8 %. Кроме того, плановые расчеты позволяют существенно сократить длительность производственного цикла. Сокращение длительности цикла на 1 день приносит дополнительный экономический эффект по Челябинскому ЗМК 90 000 руб. в год.

7. Для первого этапа внедрения календарно-плановых расчетов на ЗМК предложена методика их выполнения и новые формы оперативной документации.

На втором этапе, после отработки нормативов, последует переход к выполнению этих расчетов на ЭВМ. Для цехов обработки ЗМК наиболее целесообразна математическая модель Петрова В.А. в матричной форме, достаточно просто реализуемая на ЭВМ.

Содержание диссертационной работы опубликовано в следующих статьях:

1. Дедух А.Д., Козин В.П., Кузнецов А.Ф., Краснов В.М., Фарбер Д.Д. "К вопросу повышения эффективности производства в цехах обработки полуфабриката заводов металлоконструкций". Сб. материалов Всесоюзного совещания "Совершенствование производства металлических конструкций", Днепропетровск, 1971 г. (0,5 п.л.).

2. Абаринов А.А., Дедух А.Д., Козин В.П., Кузнецов А.Ф., Краснов В.М., Фарбер Д.Д., Лившиц Л.Н. "Улучшение организации производства в цехах обработки полуфабриката на заводах металлоконструкций". Реферат. инф. "Изготовление стальных и монтаж строительных конструкций", Серия УП, Вып. 7 (28), ЦБТИ ММСС СССР, М., 1971 г. (0,5 п.л.).

3. Дедух А.Д., Козин В.П., Фарбер Д.Д., Лившиц Л.Н. "О длительности цикла изготовления металлических строительных конструкций". Сб. трудов Челябинского политехнического института № 100, Челябинск, 1972 г. (0,3 п.л.).

4. Дедух А.Д., Козин В.П., Швам Л.Я. "Анализ распределения металла в конструкциях одноэтажных промзданий". Сб. трудов ЧПИ № 100, Челябинск, 1972 г. (0,3 п.л.).

Кроме того, содержание работы отражено в 7 технических отчетах, депонированных в ВНИЦентре:

1. Гос. регистрац. № 68022331; инв. № Б000056
2. - " - 69007958; - " - Б050942
3. - " - 72009088; - " - Б168740
4. - " - 72004359; - " - Б160842
5. - " - 72003161; - " - Б158290
6. - " - 72003191; - " - Б208881
7. - " - 72003161; - " - Б208818.