М316629

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

Министерство высшего и среднего специального образования СС

М о с к о в с к о е
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

МИРОНОВ Владимир Григорьевич

На правах рукописи

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

(На примере производства электромостовых кранов)

05.04.05 - Технология и
машины сварочного производства

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

М о с к в а 1 9 7 7

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

М о с к о в с к о е
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

МИРОНОВ Владимир Григорьевич

на правах рукописи

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

(На примере производства электромостовых кранов)

05.04.05 - Технология и
машины сварочного производства

1316629



А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в Московском ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана.

Научный руководитель – кандидат технических наук доцент ГРАЧЕВА К.А.

Научный консультант – кандидат технических наук ИВОЧКИН И.И.

Официальные оппоненты – доктор технических наук, с.н.с. КРАСОВСКИЙ А.И.

– кандидат технических наук ФИШКИС М.М.

Ведущее предприятие – Всесоюзный проектно-технологический институт тяжелого машиностроения, г. Москва.

Защита диссертации состоится " " _____ 1977 г. на заседании специализированного Совета по технологии и машинам сварочного производства Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшего технического училища имени Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская ул., д.5.

Ваши отзывы в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просьба высылать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ имени Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан " " _____ 1977 г.

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ
МВТУ им. Н.Э. Баумана БИБЛИОТЕКА

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО СОВЕТА
доктор технических
наук, доцент В.М.Ямпольский

Тип.МВТУ. Объем I п.л. Тир.100 экз. Л.80089 от 12.07.77г.Зак.1226

Актуальность проблемы. Состоит в решении задачи систематического наращивания производственных мощностей (ПМ) поточно-механизированных и автоматизированных линий сварочного производства в течение всего периода эксплуатации путем ужесточения такта работы на основе установленной периодичности технического обновления их.

Цель работы. Разработка научно-обоснованного и реально осуществимого в конкретных условиях сварочного производства метода устранения технико-организационного старения поточно-механизированных и автоматизированных линий для достижения в каждый данный момент наиболее полного использования их мощности.

Методы исследования. Для решения поставленной проблемы были выбраны:

Метод экспертных оценок, позволивший учесть широкий перечень факторов, характеризующихся различной степенью воздействия на величину ПМ поточных линий (в том числе и тех факторов, воздействие которых на мощность не может быть количественно оценено), а также обосновать необходимый минимум факторов, подлежащих детальному исследованию.

Корреляционно-регрессионный метод для определения доли влияния отдельных факторов в общем воздействии их на величину ПМ, а также для определения зависимости трудоемкости сборочно-сварочных работ от конструктивно-технологических параметров пролетных балок электромостовых кранов.

Метод многофакторного планирования эксперимента для оптимизации режимов технологических процессов изготовления пролетных балок на ограниченном количестве опытов.

Опытно-экспериментальный метод для исследования влияния магнитного поля электромагнитного стенда на стабильность подачи порошкообразного присадочного металла (ППМ) при автоматической сварке под флюсом, потребовавший создания специального электромеханического датчика и электромагнитного стенда.

Графоаналитический метод для определения влияния объема и интенсивности нарастания выпуска пролетных балок на технологическую себестоимость.

Научная новизна выполненной работы состоит в разработке методики многофакторного анализа возможностей периодического увеличения производственных мощностей поточных линий (ПЛ) сварочного

производства, предусматривающей: I) исследование конструктивно-технологических особенностей сварных конструкций с целью определения основных направлений их технического совершенствования; 2) использование математических методов для установления решающих факторов роста ПМ; 3) применение в качестве критериев оценки уровня использования ПМ четырех коэффициентов: конструктивной новизны, интенсивности процессов сборки и сварки, оптимальности технических норм времени и ужесточения тактов работы линии.

Практическая ценность работы и выполненных исследований состоит в разработке новой технологии сварки элементов пролетных балок с переменным зазором; электромеханического датчика и электромагнитного стенда; передового метода расчета трудоемкости сборочно-сварочных работ, способствующих росту производительности труда и увеличению мощностей ПЛ. Результаты выполненных исследований внедрены на Александрийском заводе подъемно-транспортного оборудования, Узловском, Полтавском машиностроительных заводах. Методика разработки норм времени включена в отчет по научно-исследовательской работе, выполненной МВТУ им.Н.Э.Баумана для Новокраматорского машиностроительного завода им. В.И.Ленина.

Апробация работы. Диссертационная работа рассматривалась на научном заседании кафедры "Технология и машины сварочного производства". Материалы диссертации доложены на шести конференциях.

Публикации. По рассматриваемой проблеме автором опубликованы шесть работ.

Объем работы. Диссертация изложена на 142 страницах машинописного текста, имеет 48 рисунков и 40 таблиц. Список литературы включает 142 наименования советских и зарубежных авторов. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав и общих выводов.

В первой главе произведен анализ и систематизация литературных данных, заводских материалов и научно-исследовательских работ по вопросам, касающимся периодов рациональной эксплуатации ПЛ; изменений технического уровня и ПМ за фактические сроки их службы; соотношений между периодами наступления морального старения и физического износа оборудования и оснастки ПЛ; возможностей увеличения ПМ за счет конструктивно - технологического и организационного совершенствования, диктуемого высокими темпами технического прогресса; факторов, влияющих на уровень исполь-

зования ПМ поточных линий, методов их расчета и измерителей.

При анализе установлено, что перечисленные выше вопросы не получили освещения в опубликованной литературе, почти полностью отсутствуют по ним обобщенные заводские данные и научно-исследовательские работы.

В литературных источниках вопросы ПМ рассматриваются авторами с позиции обычных производственных условий без учета специфики расчета мощностей ПЛ и требований, предъявляемых к ним.

В связи с этим особого внимания заслуживали изучение и обобщение заводских материалов, статистическая обработка их, проведение наблюдений за работой ПЛ и ряда исследований непосредственно в производственных условиях. В результате было выявлено, что ПЛ краностроительных заводов эксплуатируются в течение 20 лет и более без существенных изменений технического уровня их и ПМ. Период наступления физического износа оборудования ПЛ в три раза и более превышает период наступления его морального износа. Отсутствуют какие-либо данные о факторах, в наибольшей мере влияющих на производственные мощности ПЛ, а также рекомендации по наращиванию ПМ и методам их расчета.

Во второй главе проведены исследования факторов, влияющих на производственную мощность ПЛ. Исследовалась совокупность из 26 факторов, важность каждого из них определена с помощью коэффициента конкордации по данным 20 экспертов путем суммирования оценок в рангах, полученных каждым фактором в отдельности.

Проверка правильности первоначального отбора факторов, количественная и качественная оценка их произведены методом априорного ранжирования. Результаты обработки анкетных данных экспертов представлены в виде матрицы рангов и гистограммы ранжирования факторов. Из 26 первоначально отобранных для экспертов факторов рекомендованы ими в качестве объектов исследований IO наиболее решающих.

Корреляционно-регрессионный анализ позволил отобрать восемь доминирующих факторов для включения в математическую модель изучения производственной мощности. На основе теории вероятностей и математической статистики с применением ЭВМ "Минск-32" построена модель исследования уровня использования ПМ поточных линий в виде уравнения множественной регрессии:

$$У = 0{,}215\ X_I + 0{,}720\ X_2 - 0{,}36I\ X_4 + 0{,}276\ X_5 + 0{,}3II\ X_6 - 0{,}I83\ X_8 + 0{,}I37\ X_9 - 0{,}077\ X_{IO} - 60{,}02 \quad , \qquad (I)$$

где У - производственная мощность, в тыс.т ; X_1 - коэффициент экстенсивного использования оборудования; X_2 - коэффициент интенсивного использования оборудования; X_4 - коэффициент технологичности; X_5 - коэффициент плотности производственного цикла; X_6 - коэффициент интенсивности техпроцессов; X_8 - коэффициент затрат, связанных с работой оборудования; X_9 - коэффициент оптимальности норм времени на сборочно-сварочные работы; X_{10} - коэффициент соотношения межоперационных заделов.

Проверка адекватности полученного уравнения (I) с помощью F - критерия Фишера, значимости множественного коэффициента корреляции по t - критерию Стьюдента, позволили выявить возможность использования его в качестве линейной математической модели при поиске оптимума.

Для измерения влияния решающих факторов на ПМ с учетом различий в уровне их колеблемости определена величина нормализованного коэффициента $\beta_н$. С помощью парных коэффициентов корреляции r и коэффициентов - $\beta_н$ установлена степень влияния факторов на величину ПМ. Построен ориентированный граф частных коэффициентов детерминации (рис.I), показывающий (в процентах) весовое влияние каждого фактора друг на друга и на величину производственной мощности.

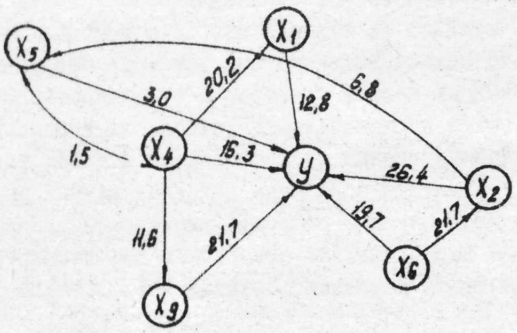


Рис.I. Ориентированный граф частных коэффициентов детерминации $r \geq 0{,}20$

Приоритет факторов в весовом отношении подтвержден возможностью достижения максимальной производительности, минимальной трудоемкости и наивыгоднейшего такта работы ПЛ.

В третьей главе исследованы конструктивно-технологические особенности пролетных балок, непосредственно влияющие на ПМ поточных линий. Установлено, что основной конструктивной особенностью балок является наличие переменного зазора в стыке верти-

кальных стенок, верхними и нижними поясами. Наличие зазоров обусловливает применение двусторонней сварки стыковых швов и ручной дуговой подварки зазоров перед автоматической сваркой поясных угловых швов. Сравнительный технико-экономический анализ различных способов автоматической сварки балок показал, что по критериям: допускаемой величины зазоров при автоматической сварке, производительности и стоимости одного пог.м. шва, сварка под флюсом с подачей ПШМ на вылет электрода является одним из надежных и эффективных способов получения качественных стыковых и угловых швов с переменным и изменяющимся зазорами.

Однако отсутствие данных по сварке с ПШМ листов толщиной δ = 3-12 мм исключало возможность практического применения ее. В связи с этим детальному исследованию были подвергнуты основные параметры сварки под флюсом с подачей ПШМ на вылет электрода. Задачи исследований сводились к следующему: получить зависимости, позволяющие расчетным путем определить размеры шва при принятом режиме сварки; установить оптимальные режимы сварки с ПШМ, обеспечивающие улучшение технико-экономических показателей процесса сварки; установить качество сварных соединений, выполняемых с применением ПШМ; определить влияние магнитного поля электромагнитного стенда на стабильность подачи ПШМ при сварке.

Экспериментальные исследования проводились во Всесоюзном научно-исследовательском институте по монтажным и специальным строительным работам с использованием специально разработанного электромагнитного стенда и электромеханического датчика, позволивших производить сварку с дозированной подачей ПШМ в зависимости от величины зазора. Для изучения комплексного влияния основных факторов на процесс сварки и для определения оптимальных значений этих факторов был использован статистический метод многофакторного планирования эксперимента.

В качестве зависимых переменных приняты: $У_1$ - глубина провара; $У_2$ - ширина шва и $У_3$ - высота усиления. В качестве независимых основных факторов выбраны: X_1 - величина зазора; X_2 - скорость сварки; X_3 - соотношение между ПШМ и электродной проволокой (β); X_4 - сила тока.

В результате проведенных экспериментов были получены следующие уравнения регрессии (в кодированных переменных):

$$y_1 = 7{,}53 - 1{,}03\,x_3 + 2{,}17\,x_4 - 1{,}22\,x_1x_3 - 1{,}22\,x_2x_4 \quad (2)$$

$$y_2 = 17{,}1 + 0{,}85\,x_4 - 1{,}01\,x_1x_3 + 1{,}02\,x_2x_4 \quad (3)$$

$$y_3 = 2{,}58 - 0{,}57\,x_1 - 0{,}43\,x_2 + 0{,}90\,x_3 . \quad (4)$$

Анализ полученных уравнений (2),(3),(4) показал, что при сварке листов с переменным зазором между свариваемыми кромками на глубину проплавления y_1 наибольшее влияние оказывает сварочный ток x_4. Что же касается остальных факторов x_3; x_1x_3; x_{24}, то они уменьшают ее величину. Ширина шва y_2 увеличивается от одновременного влияния скорости сварки x_2, сварочного тока x_4 и уменьшается от влияния величины зазора x_1 и количества ППМ в металле шва x_3. Высота усиления шва более интенсивно увеличивается от возрастания количества ППМ в металле шва x_3 и уменьшается с увеличением зазора x_1.

Теоретическое и экспериментальное подтверждения достоверности полученных зависимостей (2), (3), (4) позволяют использовать их для достаточно точных расчетов размеров сварных швов. Совпадение расчетных и экспериментальных данных позволило разработать оптимальные режимы сварки и построить номограммы для проверки обеспечения геометрических размеров швов при выбранных параметрах режима сварки, исходя из сечения шва и площади наплавленного металла по следующей формуле:

$$V_{св} = \frac{V_п \cdot F_э}{F_н}(1+\beta) , \quad (5)$$

где $V_{св}$ – скорость сварки, м/ч; $V_п$ – скорость подачи электродной проволоки, м/ч; $F_э$, $F_н$ – соответственно площадь поперечного сечения электродной проволоки и наплавленного металла шва, $см^2$.

Кроме того, разработана методика определения склонности к прожогу при сварке с ППМ, основу которой составляет определение величины погонной энергии, необходимой для сквозного проплавления при сварке без разделки кромок. Полученные экспериментальные данные позволили установить зависимость площади поперечного сечения расплавленных кромок ($F_р$) от величины удельной погонной энергии (E).

Величина (E), удовлетворяющая условию сквозного проплавления, характеризуется интенсивным возрастанием при сварке ли-

стов небольшой толщины: δ_1 = 3 мм, ξ_1 = 380 дж/мм^2; δ_2 = 12 мм, ξ_2 = 320 дж/мм^2. Было установлено, что излишние затраты энергии приводят к прожогам листов при сварке. Причиной их возникновения является уменьшение жидкой прослойки под дугой вследствие резкого увеличения зазора между свариваемыми кромками при сварке. Методом математического планирования эксперимента выбрано количество опытов по определению толщины жидкой прослойки (до определенного минимума) и на их основе получена модель процесса в виде уравнения регрессии:

$$У_4 = 3{,}98 - 0{,}51\ X_I + 0{,}463\ X_3 - 0{,}39X_IX_3 + 0{,}61X_2X_3, \qquad (6)$$

где $У_4$ – толщина жидкой прослойки под дугой в мм.

Из уравнения (6) следует, что на величину $У_4$ наибольшее влияние оказывает одновременное взаимодействие скорости сварки X_2 и количества ППМ в металле шва X_3.

На основании металлографического и факторного анализов установлено, что оптимальная величина жидкой прослойки, устраняющая возможность возникновения прожогов, составляет 1,5 – 3,5 мм. Это условие обеспечивается сваркой с ППМ. Так, при обычной автоматической сварке под флюсом листов с δ = 5 мм допустимая величина зазора составляет 2,5 мм, а при сварке с ППМ при β = 2,0 величина зазора может достигать 6,0 мм.

Аналогичные результаты получены при сварке угловых швов катетом 5–8 мм. Если при обычной сварке под флюсом прожог наблюдается при зазоре 1,4 – 1,6 мм, то при сварке с ППМ этот зазор может быть увеличен до 2,2 мм. С повышенным зазором свариваются также и нахлесточные швы.

В соответствии с требованиями к ответственным крановым сварным конструкциям детальным исследованиям, кроме указанных выше параметров сварки, были подвергнуты: изменения микроструктуры, механических и прочностных свойств сварных соединений, их деформаций, химического и газового состава наплавленного металла, а также характер перехода от шва к основному металлу (кривизна, радиус и т.д.) и количество неметаллических включений в металле шва.

В этой главе приведены также исследования влияния напряженности магнитного поля электромагнитного стенда на устойчивость подачи ПМ в зону сварки. При проведении эксперимента изменялись плотность тока в катушке, число витков, шаг магнитов, сила магнитного притяжения, напряженность магнитного поля. Экспериментально установлено, что равномерная подача ПМ при сварке с электромагнитным прижимом плоских листов δ = 3 - 12 мм достигается при шаге магнитов 100 - 150 мм (для полей порядка 3-5 гаусс). Кроме того, определены особенности и основные требования к проектированию и изготовлению электромагнитного стенда.

Результаты выполненных исследований внедрены при сварке пролетных балок на поточной линии Александрийского завода подъемно-транспортного оборудования и на ряде других заводов страны с получением годовой экономии в размере 18,0 тыс.руб., снижением трудоемкости на 40-60% и повышением производительности труда в 1,3 - 1,8 раза.

Четвертая глава посвящена исследованию влияния конструктивно-технологических факторов на трудоемкость сборки и сварки пролетных балок электромостовых кранов. Существующие нормативы времени сборки пролетных балок под сварку составлены с учетом грузоподъемности крана и длины пролета. Они не учитывают тип исполнения крана, что затрудняет их оптимизацию.

В задачу исследования входило определение характера и степени влияния основных и дополнительных факторов на трудоемкость сборки и сварки, разработка прогрессивных норм времени и оценка их точности. Исследования проводились путем хронометражных наблюдений процессов сборки и сварки 170 пролетных балок, сгруппированных в восемь весовых групп по закону нормального распределения. Для каждой весовой группы балок установлено наличие регрессионной зависимости между оперативным временем сборки $T_{оп}$, числом входящих в них элементов S и массой Q.

Определение теоретической линии регрессии свелось к решению уравнений вида:

$$T_{оп} = a + в \cdot S + c \cdot Q \quad , \qquad (7)$$

где а,б,с - параметры уравнения, отражающие действие неучтенных факторов.

Коэффициенты корреляции для рассмотренных весовых групп балок колеблются от 0,30 до 0,91.

Оценка точности полученных зависимостей показала, что для целей нормирования необходимо учитывать ряд дополнительных факторов. Наиболее существенными из них являются многодетальность сборки ($К_{мб}$) и нестандартность длины балок($К_{нд}$).

Корректирование нормы оперативного времени сборки произведено с использованием установленных (на основе математико-статистической обработки заводских данных) коэффициентов $К_{мб}$, $К_{нд}$, равных соответственно I,I0 и I,05. Средний коэффициент расхождения разработанных норм и применяемых составляет $\bar{X}$ = 9,I0%, что указывает на возможность их применения в условиях мелкосерийного и серийного производства пролетных балок.

Нормы времени на сварку элементов пролетных балок с применением ППМ получены также экспериментальным путем с установлением эмпирических формул в зависимости от конструктивно-технологических параметров и размеров балок, количества, массы, геометрических размеров вспомогательных деталей, входящих в них, длины и типа сварных швов. Эмпирические формулы определения оперативного времени сварки имеют следующий вид:

$$Т_{оп.св.} = К_I \; L + П_{ст} \; (К_2 \; B + К_3 \; H) \qquad (8)$$

где $Т_{оп.св.}$ - оперативное время сварки, ч; $К_I$, $К_2$, $К_3$ - коэффициенты, зависящие от вида применяемого технологического процесса сварки, типа и размеров сварных швов; L , B, H - длина, ширина, высота пролетной балки; $П_{ст}$ - количество стыков поясов и стенок на длине балки.

Применение разработанных нормативов и формул позволяет сократить трудоемкость сборочно-сварочных работ на 20-30%, упростить и ускорить расчет производственных мощностей ПЛ без снижения точности полученных результатов.

Пятая глава посвящена оптимизации ПМ поточных линий по таким важным технико-организационным критериям , как коэффициент интенсивности техпроцессов и коэффициент ужесточения тактов работы ПЛ. Большое внимание уделено определению рациональных областей применения техпроцессов изготовления пролетных балок, характеризующихся наиболее высокими показателями производственных мощностей ПЛ при минимальных затратах труда и средств.

Рассматривались три взаимозаменяемых варианта технологических процессов изготовления пролетных балок:

первый вариант - сборка балки, автоматическая сварка под флюсом верхних, нижних поясов, вертикальных стенок, угловых поясных швов, гравитационная приварка диафрагм к вертикальным листам и ручная дуговая сварка вспомогательных деталей;

второй вариант - сборка балки, односторонняя автоматическая сварка под флюсом с применением ППМ поясов и вертикальных стенок, угловых поясных швов, полуавтоматическая сварка в среде CO_2 порошковой проволокой диафрагм и вспомогательных деталей;

третий вариант - сборка балки, односторонняя автоматическая сварка под флюсом с применением ППМ поясов и вертикальных стенок, автоматическая сварка электрозаклепками диафрагм с вертикальными листами, полуавтоматическая сварка в среде CO_2 сплошной проволокой вспомогательных деталей.

Наиболее целесообразным процессом по критерию технологической себестоимости (С), при максимально возможном выпуске (Х) и интенсивности снижения себестоимости ($\xi = \frac{dC}{dX}$), является третий вариант технологического процесса, который по сравнению с первым и вторым вариантами обеспечивает годовой экономический эффект в размере 47,9 тыс.руб. Этот технологический процесс был использован для ужесточения такта работы ПЛ.

Важной частью данной главы диссертации является метод последовательного ужесточения тактов (τ) работы ПЛ с переходом от запланированного такта к оптимизированному $\tau_п \to \tau_1 \to \tau_2 \to \tau_3$, установленных соответственно: $\tau_п$ - при проектировании ПЛ; τ_1 - на основе применения сварки с ППМ; τ_2 - в результате внедрения прогрессивных технически обоснованных норм времени; τ_3 - за счет рациональной организации рабочих мест на трудоемких операциях. В итоге за оптимизированный такт $\tau_о$ принят τ_3 , равный 0,72 ч. При работе ПЛ с этим тактом увеличивается выпуск пролетных балок в 1,8 раза.

В шестой главе разработана методика многофакторного анализа возможностей периодического увеличения производственных мощностей ПЛ. Структура и содержание методики предопределены особенностями оптимизации производственной мощности ПЛ, рассмотренными с научно-теоретических позиций и практических задач совершенствова-

ния сварочного производства во 2, 3, 4, 5 главах диссертации. Методикой предусматривается оптимизация производственных мощностей ПЛ по следующим критериям:

I. Коэффициент конструктивной новизны изготовляемых на ПЛ сварных конструкций, определяемый путем патентного поиска новых сварных конструкций (их элементов), аналогичных по назначению изготовляемым на рассматриваемых ПЛ. Динамика патентования, характеризуемая количеством новых конструкций за определенный период времени, определяется по формуле:

$$y_5 = a_1 + b_1 t \qquad (9)$$

где a_1 - логарифм количества заявок, сделанных в год начала отсчета; b_1 - критерий перспективности конструкций; t - изучаемый период. Величина этого коэффициента для сварных пролетных балок составляла 0,45I - 0,627.

2. Коэффициент интенсивности техпроцессов, определяемый по формуле:

$$K_{т.о.} = \frac{T_п - T_л}{T_п} \cdot 100\% \qquad (10)$$

где $T_п$, $T_л$ - соответственно трудоемкость годовой программы до и после оптимизации ПМ.

Величина этого коэффициента для сварных пролетных балок составляла 32,2 - 4I,6%.

3. Коэффициент прогрессивности технических норм времени, определяемый по формулам, приведенным в 4 главе диссертации. Величина этого коэффициента для сварных пролетных балок составляла 37,2I - 43,4I%.

4. Коэффициент технологичности сварных конструкций, определяемый по формуле:

$$T_{техн} = \sum_{1}^{n} \left(1 - \frac{t' - t''}{100}\right) \cdot 100\% \quad , \qquad (11)$$

где t', t'' - соответственно трудоемкость операций до и после повышения уровня технологичности в процессе оптимизации ПМ; n - количество выполненных мероприятий по повышению технологичности.

Величина этого коэффициента для поточных линий по изготовлению сварных пролетных балок составляла 24,63 - 29,77%.

Оптимизация производственной мощности ПЛ по перечисленным выше критериям способствует сближению сроков физического и морального износа ПЛ, периодическому наращиванию ПМ на основе уже-

сточения тактов работы ПЛ с обеспечением высокого качества выпускаемых сварных конструкций.

Завершающим этапом методики является определение годовой экономии от оптимизации производственных мощностей ПЛ по формуле:

$$Э = \sum_{i=1}^{n} (C_1 - C_2)(M_2 - M_1) \quad , \qquad (12)$$

где n – количество применяемых на заводах ПЛ; C_1, C_2 – технологическая себестоимость продетной балки до и после оптимизации ПМ; M_1, M_2 – величина ПМ до и после оптимизации.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

I. На основе проведенных исследований разработана типовая методика многофакторного анализа возможностей периодического увеличения производственных мощностей ПЛ за счет конструктивно-технологического совершенствования изготовляемых сварных конструкций и устранения в результате этого морального старения линий на протяжении всего периода их эксплуатации.

2. Установлено решающее влияние на производственную мощность ПЛ следующих четырех показателей: коэффициента конструктивной новизны, коэффициента интенсивности процессов сборки и сварки, коэффициентов оптимальности технических норм времени и ужесточения тактов работы линий ($\tau_n \to \tau_1 \to \tau_2 \to \tau_3$).

3. Решающими факторами оптимизации мощности краностроительных ПЛ являются: совершенствование технологии сварки угловых поясных швов; стыковых швов вертикальных стенок, верхних и нижних поясов; устранение нестабильности норм времени при сборке и сварке; сокращение до минимума величины межоперационного незавершенного производства.

4. Наиболее эффективным способом технологического совершенствования краностроительных ПЛ является применение сварки с ПШМ. Она обеспечивает снижение трудоемкости на 40-60%, уменьшает поперечную и угловую деформацию в I,7 раза, повышает сопротивляемость к горячим трещинам соединений с переменным зазором в I,4 раза, по сравнению с обычной сваркой под флюсом.

5. Установлено, что необходимым условием нормального формирования швов с переменным и изменяющимся зазором между свариваемыми кромками является наличие жидкой прослойки под дугой, равной 1,5 - 3,5 мм, которая существенно влияет на геометрию шва и форму сварочной ванны. Разработана методика оценки влияния количества ПМ на толщину жидкой прослойки и геометрические размеры шва.

6. Определено, что при сварке стыковых соединений толщиной от 5 до 8 мм с переменным зазором 2-8 мм обеспечивается хорошее формирование шва. При увеличении зазора более 8 мм качественного формирования шва не обнаружено.

7. Установлены закономерности распределения магнитного поля в зоне сварки, приводящие к нарушению стабильности подачи ПМ с ферромагнитными свойствами в сварочную ванну. Определены области устойчивой подачи ПМ. Разработаны основы проектирования электромагнитных стендов для прижима листов во время сварки и устройства для дозирования и подачи ПМ в зоне сварки в зависимости от величины зазора.

8. Применение разработанного метода расчета норм времени на сборочно-сварочные операции позволяет установить технически обоснованные нормы с сокращением их величины на 20 - 30%.

9. Последовательное ужесточение тактов работы краностроительных ПЛ позволяет сократить незавершенное производство в 1,3 - 1,7 раза и в 1,5 - 2,0 раза уменьшить нетехнологическое время в производственном цикле.

10. Рекомендуемый такт τ_0 работы ПЛ по изготовлению пролетных балок, равный 0,72 ч, позволяет увеличить выпуск балок в среднем в 1,8 раза и довести уровень использования ПМ до 80%.

11. Разработанная система и методика оптимизации производственных мощностей ПЛ позволяют получить годовой экономический эффект по краностроительным ПЛ в размере 323 тыс.руб.

Материалы диссертации опубликованы в работах:

1. Ивочкин И.И., Миронов В.Г. и др. Результаты разработок автоматической сварки под флюсом с порошкообразным присадочным металлом. Экспресс - информация, "Сварочные работы", №10 (163), Информэнерго, М., 1974.

2. Грачева К.А., Миронов В.Г. Поузловой метод нормирования сборки и сварки узлов сварных конструкций. Сб."Совершенствование технической подготовки производства". Труды МВТУ, №197, вып.2, М., 1975.

3. Миронов В.Г., Ивочкин И.И. Исследование и разработка сварных листовых конструкций с переменным зазором применением порошкообразного присадочного металла. Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции, Караганда, изд.КПКаз, 1975.

4. Грачева К.А., Миронов В.Г. Установление оптимальной мощности поточных линий сварочных цехов краностроительных заводов. Сб."Вопросы эффективности научных исследований и разработок в машиностроении". Труды МВТУ, №232, вып.3, М., 1976.

5. Миронов В.Г., Ивочкин И.И. Эффективность применения порошкообразного присадочного металла и оборудования для интенсификации процесса сварки. Сб."Пути интенсификации и повышения эффективности сварочного производства", М., МДНТП, 1977.

6. Миронов В.Г., Грачева К.А. Исследование факторов, влияющих на производственную мощность поточных линий краностроительных заводов. Сб."Пути интенсификации и повышения эффективности сварочного производства", М., МДНТП, 1977.