

УДК 621.791: 658.53

МОДЕЛИРОВАНИЕ НОРМ ВРЕМЕНИ НА ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ УСТАНОВОК

© 2013 Э.В. Лазарсон, А.С. Путина, Е.С. Саломатова

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Поступила в редакцию 28.10.2013

Приведены результаты по нормированию трудозатрат на сборочно-сварочные операции при изготовлении элементов газоперекачивающих установок. Основное внимание уделено расчету норм времени по более совершенной методике, разработанной в ПНИПУ.

Ключевые слова: *газоперекачивающая установка, сборка, сварка, нормирование работ, моделирование*

Нормирование трудозатрат на выполнение сварочных работ является важной составной частью технологической подготовки производства сварных конструкций. По принятым нормам времени рассчитывают потребность в рабочей силе и оборудовании, загрузку оборудования, устанавливают нормы выработки на каждом рабочем месте и другие параметры производства. Выполнение нормирования относится к сложным видам работы. Нормировщикам необходимо располагать разнообразными сведениями о самом изделии, условиях его производства на конкретном предприятии, знаниями о предметной области, методика нормирования и др. Кроме того, нормированию должна предшествовать разработка подробного (операционного) технологического процесса изготовления конструкции. Обеспечить комплекс таких требований бывает весьма затруднительно. Норму времени на изделие в целом можно получить, суммируя трудозатраты на отдельные действия работников – операции, переходы и их составные части. Норму времени на изделие в целом можно получить, суммируя трудозатраты на отдельные действия работников – операции, переходы и их составные части. На таком принципе построена существующая нормативная документация, в частности, разработанные еще во второй половине прошлого века Общемашиностроительные нормативы времени (ОНВ) на разные виды металлообработки, в том числе на распространенные способы сварки. По ним работа нормировщиков сводится к извлечению необходимых элементов норм времени из множества таблиц. В результате сам процесс нормирования оказывается очень трудоемким и сложным. Очевидно, совершенствование существующих подходов к определению норм времени следует считать актуальной задачей.

Новая методика нормирования. На кафедре сварочного производства ПНИПУ разработана новая методика нормирования трудозатрат,

Лазарсон Эрнст Владимирович, доктор технических наук, профессор. Email: svarka@pstu.ru

Путина Анастасия Сергеевна, ассистентка. Email: a.s.pstugmail.com

Саломатова Екатерина Сергеевна, старший преподаватель. Email: weld-katy@mail.ru

значительно упрощающая работу конечных пользователей – нормировщиков производства [1]. Предложено заменить трудоемкую работу по определению норм времени путем суммирования данных из многочисленных таблиц ОНВ на расчеты по аналитическим моделям норм времени, построенным для групп конструктивно близких изделий. Построение моделей производят специалисты, использующие известную методику активного многофакторного эксперимента [2]. Результаты их работы сводятся к построению математических моделей норм времени, в которых переменными являются факторы, значимо влияющие на величину нормы времени. В свою очередь работа нормировщиков заключается в нахождении значений факторов по технической документации на изделие и их подстановке в уравнения моделей для расчета общей нормы времени. Для нормировщиков такие расчеты несравненно проще традиционных по (ОНВ) и являются технически обоснованными.

Нормирование трудозатрат на изготовление элементов газоперекачивающих установок (ГПУ). Ниже в качестве примера приведены данные о работе по моделированию трудозатрат на изготовление конструкции, показанной на рис. 1. Она является частью общей транспортной системы ГПУ, через которую проходят газы, нагнетаемые двигателем. Конструкция крупногабаритная сложная, многоузловая. Каждый узел, в свою очередь, представляет сварную конструкцию, состоящую из нескольких сваренных между собой деталей листового и профильного металла.

Конструктивная сложность рассматриваемого изделия определила необходимость разработки нескольких моделей норм времени отдельно для узлов, изготавливаемых по типовым технологиям. По результатам анализа в качестве типовых узлов были приняты основания и стенки каждой части общей системы выхлопа газов, узлы сборки оснований со стенками, а в качестве типовых операций – сборочные (точные слесарно-сборочные) и сварочные операции. Взаимосвязь и последовательность работ по построению моделей норм времени на изготовление элементов выхлопа газов показаны на рис. 1.

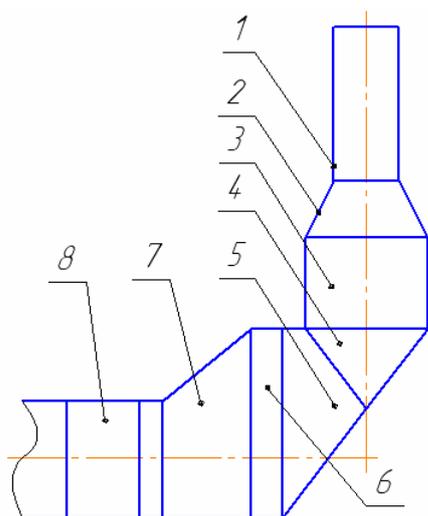


Рис. 1. Схема транспортной ГПУ:

1 – труба; 2, 7 – основания, 3, 8 – рамы; 4, 5 – диффузоры, шумоглушители; 6 – прокладка

Технологию построения моделей норм времени можно показать на примере сборки и сварки

снований как типового узла всей конструкции. Основания выполняют роль частей, с помощью которых элементы общей системы транспортировки газа соединяются между собой. В поперечном сечении основания имеют прямоугольную форму, состоят из фланцев (4 сваренных между собой полосы металла) и мелких деталей, таких как уголки, пластинки, косынки.

Сборочные операции. В соответствии с общей методикой проведения работ по нормированию проанализировали конструкцию и другие сведения обо всех основаниях системы выхлопа газов и составили типовой технологический процесс сборочных операций. При этом использовали профессиональные знания и данные из ОНВ на слесарно-сборочные работы по сборке металлоконструкций под сварку [3]. Принципиальным является составления перечня действий (переходов), на которых имеются нормативные данные в ОНВ, и выделение факторов, влияющих на элементы норм времени. Совокупность этих данных собрана в табл. 1.

Таблица 1. Сборочные операции для изготовления оснований

Номер и название операции	Содержание работ	Номер карты ОНВ	Влияющие факторы
1. Сборка фланцев	взять или застропить детали	карта 26	длина стыка; наибольший размер полосы; толщина полосы
	переместить их к рабочему месту сборки, провести внешний осмотр		
	уложить стыкуемые детали на плиту или стеллаж		
	выверить и подогнать детали по стыку, выдержать размеры по чертежу и техническим условиям		
	прихватить электроприхваткой отстропить (при установке подъемным краном)		
2. Сборка уголков на фланцах	подать детали к месту сборки, провести их внешний осмотр	карта 34	масса узла; длина стыков; количество собираемых деталей в узле
	установить базовые детали на место сборки		
	разметить, установить детали, выдержав размеры по чертежу		
	подогнать сопряжения деталей, прихватить их электроприхваткой, повернуть узел в процессе сборки		
3. Сборка мелких деталей (косынки, пластики, планки) на фланцах	снять узел, отложить в сторону	карта 4	масса детали; длина сопрягаемых кромок
	поднести деталь к месту установки, провести внешний осмотр		
	установить детали по разметке		
4. Зачистка кромок перед сваркой	прихватить электросваркой	карта 76	длина шва, вид инструмента, толщина обрабатываемого шва

Из факторов, приведенных в столбце 4 табл.1, значимо влияющими были признаны длина полос во фланцах, количество устанавливаемых уголков, количество других мелких деталей и общая длина сварных швов основания. Для составления матрицы

планируемого эксперимента определили по чертежам всех оснований максимальные и минимальные значения вышеназванных четырех факторов. Тем самым зафиксировали исходные данные для дальнейших расчетов (табл. 2).

Таблица 2. Значения факторов и интервалы варьирования

Уровень фактора	Длина полосы, м	Количество уголков, шт.	Количество мелких деталей, шт.	Суммарная длина сварных швов, м
	X_1	X_2	X_3	X_4
верхний (+1)	5,33	4	26	4,73
нижний (-1)	2,60	8	8	2,70
основной (0)	3,97	6	22	3,72
интервал варьирования Δx	1,37	2	14	1,02

Длина сварных швов необходима только для вычисления времени на прихватку деталей. По просьбе заказчика это время следовало учитывать не в сборочных, а в сварочных операциях, что усложнило расчеты. Дело в том, что по существующей нормативной документации время на прихватку включено в состав норм времени на слесарно-сборочные операции по ОНВ [3], а самостоятельно время на прихватку можно посчитать только по ОУНВ на сварочные работы [4]. В дальнейшем пришлось строить три модели времени: на сборку, на сварку, отдельно на прихватку и в последствии корректировать две первые модели. Поэтому первоначально провели расчеты для сборочных операций с тремя факторами – X_1 , X_2 и X_3 (табл. 3).

В последнем столбце табл. 3 приведены результаты построчных расчетов значений нормы времени на сборочные операции по ОНВ [3]. При этом кроме факторов, указанных в табл. 2, требовалось найти по чертежам оснований и учитывать другие характеристики изделий – количество деталей в узле, толщину металла и тип сварного

соединения. Эти подробности здесь не приводятся. Значения норм времени были использованы для построения математической модели по известной методике [2]. Сначала рассчитали величины коэффициентов регрессии (таблица 4), из них для построения модели отобрали только статистически значимые – b_0 , b_1 и b_3 .

Таблица 3. Матрица планирования трехфакторного эксперимента

№ опыта	X_1	X_2	X_3	$T_{ОНВ\ сб},$ мин
1	+1	+1	+1	117,84
2	-1	+1	+1	109,04
3	+1	-1	+1	116,71
4	-1	-1	+1	107,91
5	+1	+1	-1	98,22
6	-1	+1	-1	89,42
7	+1	-1	-1	98,23
8	-1	-1	-1	89,43

Таблица 4. Рассчитанные коэффициенты уравнения регрессии

Кодовые величины	X_0	X_1	X_2	X_3	$X_1 X_2$	$X_1 X_3$	$X_2 X_3$
коэффициенты	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}
значения коэффициентов	103,35	4,40	0,28	9,52	$1,06 \cdot 10^{-3}$	$1,06 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$

Таблица 5. Сравнение данных расчетов по ОНВ и по математической модели

Номер опыта	$T_{ОНВ},$ мин.	$T_{мод},$ во фланцах, мин.	Погрешность, %
1	117,84	117,28	0,50
2	109,04	108,48	0,50
3	116,71	117,28	0,45
4	107,91	108,48	0,50
5	98,22	98,23	0,01
6	89,42	89,43	0,01
7	98,23	98,23	0,03
8	89,43	89,43	0,02

В результате получили следующий вид модели нормы времени на сборку оснований: $Y = 103,35 + 4,40 X_1 + 9,52 X_3$ – в кодовых обозначениях; $T_{мод} = 75,60 + 3,22 L_n + 0,68 N_{МД}$ – в натуральных величинах. Здесь L_n – длина полосы, м, $N_{МД}$ – количество мелких деталей, шт. Об адекватности

построенной модели можно судить по данным табл. 5. Очевидно модель получилась вполне адекватной. Таким образом, вместо трудоемких расчетов по ОНВ достаточно найти по чертежам данные о длине полос во фланцах оснований и количестве мелких деталей в узле.

Сварочные операции. Аналогичные расчеты были проведены для сварочных работ. К типовому технологическому процессу отнесли следующие операции: электроприхватка на фланцах; замер диагоналей собранных и сваренных узлов; сварка фланцев; промер диагоналей после сварки; электроприхватка уголков и мелких деталей; приварка уголков и мелких деталей; зачистка после сварки. Нормативы времен на сварочные операции взяты из ОУНВ на дуговую сварку в среде защитных газов [4], а для замеров диагоналей и прихватки мелких деталей – из ОНВ. При определении значений норм времени на сварку оснований значимыми факторами признаны типы сварных соединений, размеры и протяженность швов. К сварочным

операциям отнесли также замеры диагоналей в собираемых узлах, т.к. на базовом предприятии их выполняют сварщики (а не сборщики). Кроме того, при выборе значений элементов норм времени из таблиц принимали во внимание типы сварных соединений, толщину металла и диаметр сварочной проволоки. Как и для сборочных операций, расчеты проводили для трехфакторного планируемого эксперимента (табл. 6) по аналогичной методике.

Обозначения факторов: X_1 – длина контролируемой диагонали $L_{дл}$; X_2 – общая длина сварных швов для фланца $L_{фл}$; X_3 – общая длина сварных швов для уголков и мелких деталей $L_{мд}$. В результате расчетов получили модель нормы времени на сварочные работы: $T_{мод.св.} = 0,6 L_{дл} + 17,22 L_{фл} + 7,9 L_{мд} - 0,178$, мин. Различие между результатами расчетов по модели и по ОУНВ/ОНВ не превышает 1%.

Расчеты, аналогичные вышеприведенным, были проведены также для некоторых других элементов и узлов ГПУ – стенок системы выхлопа газа, трубопроводов, площадок и каркасов. Методика подтвердила свою приемлемость для конструкции разного вида и сложности.

Таблица 6. Матрица планирования и результаты расчетов по ОНВ/УНВ и модели

Номер опыта	X_1	X_2	X_3	$T_{онв св.}$ МИН	$T_{мод св.}$ МИН
1	+1	+1	+1	80,70	80,48
2	-1	+1	+1	78,36	78,14
3	+1	-1	+1	45,04	44,82
4	-1	-1	+1	42,70	42,48
5	+1	+1	-1	64,25	64,05
6	-1	+1	-1	61,91	61,71
7	+1	-1	-1	28,59	28,39
8	-1	-1	-1	26,25	26,05

Выводы:

1. С использованием технологии многофакторного планирования и метаматематической обработки результатов экспериментов разработана новая методика нормирования работ по изготовлению сварных конструкций.

2. В статье сущность методики показана на примере построения математических моделей норм времени на сборку и сварку элементов газоперекачивающих установок.

3. Использование предложенной методики многократно упрощает работу конечных пользователей – нормировщиков предприятия. При этом точность расчетов вполне адекватна трудоемким расчетам по применяемым по настоящее время общемашиностроительным нормативам времени.

4. Результаты расчетов по новой методике внедрены на предприятиях – изготовителях строительных и машиностроительных конструкций и показали свою эффективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Лазарсон, Э.В. Методика укрупненного нормирования трудозатрат на изготовление сварных конструкций // Сварочное производство. 2013. №5. С.46-48.
2. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.П. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. 368 с.
3. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарно-сборочные работы при сборке металлоконструкций под сварку. – М.: Экономик, 1982. 128 с.
4. Общемашиностроительные укрупненные нормативы времени на дуговую сварку в среде защитных газов. – М.: Экономика, 1989. 182 с.

MODELING THE TIME NORMS FOR PRODUCTION THE ELEMENTS OF GAS-DISTRIBUTING INSTALLATIONS

© 2013 E.V. Lazaron, A.S. Putina, E.S. Salomatova

Perm National Research Polytechnical University

Results on rationing of labor costs on assembly and welding operations at production the elements of gas-distributing installations are given. The main attention is paid to calculation the time norms for more perfect technique developed in PNRPU.

Key words: *gas-distributing installation, assembly, welding, rationing of works, modeling*

Ernst Lazaron, Doctor of Technical Sciences, Professor.

Email: svarka@pstu.ru

Anastasiya Putina, Assistant. Email: a.s.pstugmail.com

Ekaterina Salomatova, Senior Teacher. Email:

weld-katy@mail.ru