

Для элементов конструкций из слабоанизотропных материалов возможно определение напряжений в нагруженной конструкции, при неизвестных значениях «начальных» акустических параметров. В акустике, если материал уже напряжен, можно использовать тот факт, что скорость волн есть и в ненапряженном материале. Возможность применения метода «безнулевой» акустической тензометрии экспериментально проверена на образцах высокопрочной стали, вырезанных из различных мест прокатного листа [9]. В дальнейшем выяснилось, что такая возможность существует для элементов конструкций из слабо анизотропных материалов, в которых величина собственной акустической анизотропии меньше или порядка наведенной напряжениями. Надо заметить, что даже постановка такой задачи невозможна для многих других методов НК.

Учитывая показанные здесь преимущества метода акустоупругости для определения двухосных напряжений в деталях машин и конструкций, надеюсь на более широкое его применение, в том числе и на водном транспорте.

Список литературы:

- [1] Benson R.W., Raelson V.J. From ultrasonics to a new stress-analysis technique. *Acoustoelasticity // Product Eng.* 1959. Vol. 30. p. 56–59.
- [2] Гуца О.И., Лебедев В.К. Влияние напряжений на скорость распространения ультразвуковых волн в металлах // *Прикл. механика.* 1968. № 2. С. 89–92.
- [3] Бобренко В.М. Исследование и разработка ультразвуковых методов и аппаратуры для определения напряжений в элементах металлических конструкций. Автореф. дисс-и ... канд. техн. наук. Одесса. ОПИ. 1974.
- [4] Hughes D.S., Kelly J.L. Second order elastic deformation of solids // *Phys. Rev.* 1953. Vol. 92. № 5. P. 1145–1149.
- [5] Гузь А.Н., Махорт Ф.Г., Гуца О.И. Введение в акустоупругость. Киев: Наукова думка. 1977, 152 с.
- [6] Никитина Н.Е. Акустоупругость. Опыт практического применения. Н. Новгород: ТАЛИАМ, 2005. 208 с.
- [7] Быстров В.Ф., Гузовский В.В., Золотов В.Ф., Никитина Н.Е. Влияние технологической обработки высокопрочной стали на коэффициенты упруго-акустической связи // *Дефектоскопия.* 1986. N 7. С. 92–93.
- [8] Никитина Н.Е. Определение плоского напряженного состояния конструкционных материалов с помощью объемных упругих волн // *Дефектоскопия.* 1999. № 1. С. 48–54.
- [9] Гузовский В.В., Золотов В.Ф., Карзов Г.П., Конюхов Б.А., Никитина Н.Е. Повышение точности акустического метода определения остаточных напряжений в сварных конструкциях // *Судостроение.* 1988. N 5. С. 41–42.

В.В. Огнев

ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПЛОТНОСТИ РАБОЧИХ МЕСТ НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СБОРОЧНО-СВАРОЧНОГО ЦЕХА ВЕРФИ

На ранних этапах подготовки производства всегда возникает вопрос о назначении размеров и массы блоков, секций. Данные параметры являются основными при построении всего графика строительства заказа. Это накладывает особую ответственность на конструктора и технолога при обосновании размеров сборочных единиц. Зачастую выбор размеров сборочных единиц сводится к принятию максимально возможным параметров по массе и габаритам, определяемых грузоподъемностью кранового оборудования, конструктивными размерами цехового пространства и вывозных

ворот. Данное решение зачастую не оправдано. В условиях резкого увеличения загрузки верфи, недостатка производственных площадей, недостатка производственных мощностей, необходимо гибко встраивать один технологический процесс в другой, дабы сократить простои производственного персонала, увеличить эффективность производства в целом.

Поэтому, в качестве основных задач исследований являются:

1) получение оптимального варианта планировочного решения цеха на стадии подготовки нового производства с учётом загрузки существующего производства.

2) получение оптимизационных зависимостей технологических параметров сборочных единиц от производственных параметров ССЦ.

3) оптимизация технико-экономических параметров производственного процесса на ранних этапах технологической подготовки производства.

В рамках исследований структурно-технологической схемы на ОАО «ССК» автором выявлены влияния площади приходящейся на одного списочного рабочего на эффективность использования фонда рабочего времени В ССЦ. Причем эффективность использования фонда рабочего времени зависит также от выполняемых работ и от используемого технологического оборудования.

Применительно к технологическому оснащению ССЦ и ОАО «ССК» определена зависимость влияния площади приходящейся на одного списочного рабочего. Результаты исследований представлены на рис. 1.

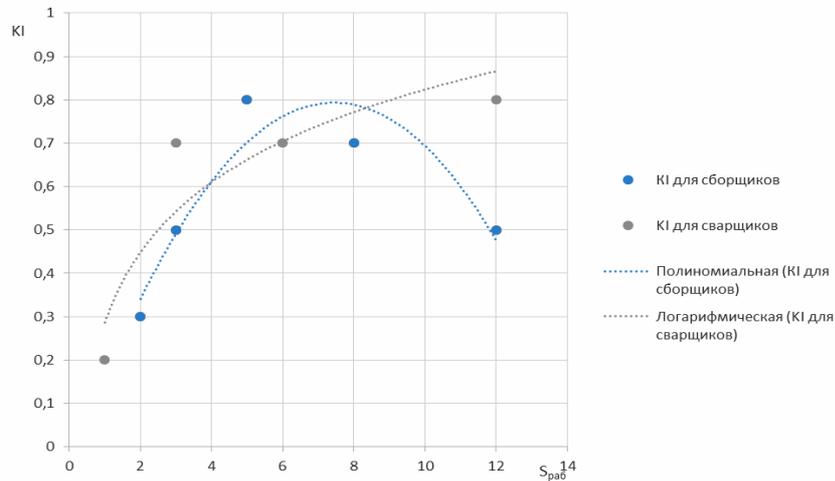


Рис. 1. График функции KI от $S_{\text{раб}}^{14}$ применительно к профессии

Руководствуясь источниками [1,2] и использовав данные коэффициента эффективности использования фонда рабочего времени, автором путем создания имитационной модели были получены зависимости технологических параметров сборочных единиц от производственных параметров ССЦ. Также были выполнен ряд экспериментов для поиска оптимальных технико-экономических параметров производственного процесса на этапе технологической подготовки производства. В результате исследований разработан алгоритм поиска оптимального варианта планировочного решения цеха на стадии подготовки нового производства с учётом загрузки существующего производства.

Для постановки компьютерного эксперимента автором создана имитационная модель с использованием стандартного приложения Microsoft Office Excel [3] с использованием математического аппарата, описанного в главе 3. Такой подход обеспечивает возможность проведения эксперимента на любом ПК с операционной системой Windows и в условиях любого производства.

В эксперименте рассматривались факторы, относящиеся ко всем этапам изготовления секции. Основными допущениями при проведении эксперимента являлись следующие:

- 1) секции изготавливаются в одном цеховом пролёте, габаритные размеры пролёта известны и постоянны;
- 2) количество кранового оборудования и его технические характеристики известны и постоянны;
- 3) количество и уровень механизации СТО учитываются косвенно и определяют фактической трудоёмкостью секций;
- 4) численность производственного персонала, приходящегося на единицу площади секции, ограничена исходя из требований безопасности выполняемых работ;
- 5) в эксперименте рассматривается технологический процесс изготовления только плоскостных секций;
- 6) для расчётов производственного цикла, численности производственных рабочих, количества единиц оборудования и др. использованы данные по фактической трудоёмкости, принятые на ОАО «Судоремонтно-судостроительная корпорация» (г. Городец).

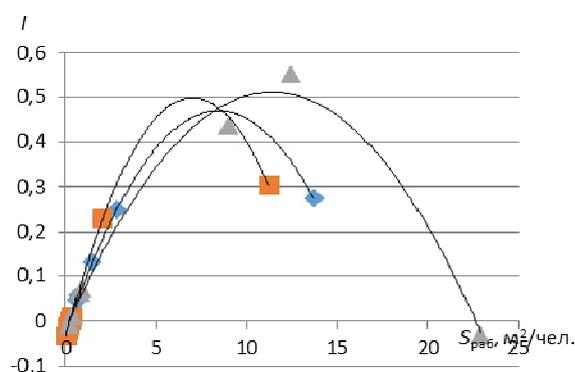


Рис. 3. Графики функции $I_0(S_{раб})$ при:
 ■ — $n_{сек}=1$; ▲ — $n_{сек}=6$; ◆ — $n_{сек}=11$

Экспериментальные исследования проводились путём создания имитационной модели ССП цеха КС-2 ОАО «Судоремонтно-судостроительная корпорация» (г. Городец) и последующей оптимизации производственного процесса изготовления комплекта секций стапельной палубы понтона дока ремонтного пр. 28140.

В ходе исследования проверялось влияние производственной площади, приходящейся на одного списочного рабочего, на эффективность труда производственного персонала.

Измерителем эффективности являлся коэффициент использования фонда рабочего времени. По результатам эксперимента автором построены зависимости интегрального коэффициента использования фонда рабочего времени для различного количества одновременно собираемых секций от площади, приходящейся на одного списочного рабочего (рис. 3). Сводные результаты данной части эксперимента приведены в табл. 1.

Полученные зависимости интегрального показателя использования фонда рабочего времени с достаточной степенью точности описываются полиномами второй степени. Максимум функции будет являться оптимальным значением интегрального показателя при данном значении $n_{сек}$.

Для практических целей интерес представляют также максимально возможные интегральные показатели использования фонда рабочего времени.

Сводные результаты эксперимента

Количество одновременно собираемых секций, ед.	Функция $I(S_{\text{раб}})$	Экстремальное значение I	Площадь, приходящаяся на одного списочного рабочего, м ² /чел.
1	$y = -0,0109x^2 + 0,1522x - 0,0363$	0,459	6,98
6	$y = -0,004x^2 + 0,0923x - 0,0163$	0,472	8,49
11	$y = -0,0069x^2 + 0,1172x - 0,0254$	0,51	11,53

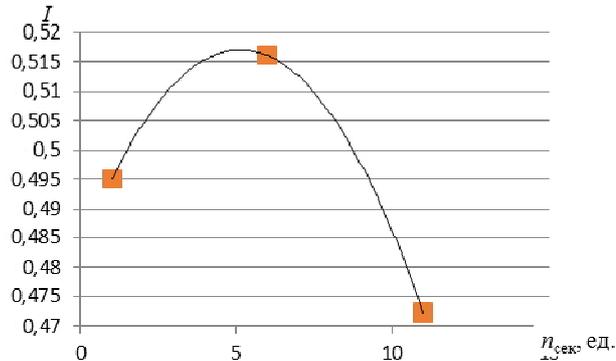


Рис. 4. Функция $I(n_{\text{сек}})$ для определения I_0

Руководствуясь источником [4] зависимость для оптимальных значений функции $I(n_{\text{сек}})$ может быть описана эмпирической формулой:

$$I_0 = -0,0013n_{\text{сек}}^2 + 0,0133n_{\text{сек}} + 0,483. \quad (1)$$

Экстремум функции оптимальных интегральных показателей будет являться точкой оптимальных значений $n_{\text{сек}}$ и максимального значения показателя I .

Кроме того, в ходе эксперимента автором анализировалась зависимость между количеством одновременно собираемых секций и оптимальной площадью секции, и изучались зависимости основных технико-экономических показателей ССЦ от количества одновременно собираемых секций. Результаты данной части эксперимента представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты эксперимента по изучению зависимостей между основными ТЭП производства в ССЦ и $n_{\text{сек}}$

G , т	$G_{\text{Ф}}$, т	$K_{\text{р}}$, т/чел.	$K_{\text{ч}}$, т/ч	$N_{\text{чел}}$, чел.	$S_{\text{сек}}$, м ²	$S_{\text{Ц}}$, м ²	$K_{\text{з кран}}$	$M_{\text{сек}}$, т	KI	$S_{\text{чел.}}$, м ² /чел.
$n_{\text{сек}}=1$										
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
4000	4004,3	0,097	40	414	45	67,88	0,290	5,05	-0,0116	0,16
10000	10018,3	0,097	100	1033	180	250,16	0,727	20,20	0,00030	0,24
20000	20016,3	0,097	200	2064	180	250,16	1,454	20,20	-0,01819	0,12
100000	100000	0,097	1000	10317	180	250,16	7,272	20,20	-0,03313	0,02
$n_{\text{сек}}=6$										

G, T	$G_{ф, T}$	$K_p, \text{ т/чел.}$	$K_ч, \text{ т/ч}$	$N_{чел}, \text{ чел.}$	$S_{сек}, \text{ м}^2$	$S_{ц}, \text{ м}^2$	$K_з \text{ кран}$	$M_{сек}, \text{ т}$	KI	$S_{чел.}, \text{ м}^2/\text{чел.}$
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
4000	4004,3	0,084	40	475	45	407,28	0,332	5,05	0,07106	0,85
10000	10003,1	0,085	100	1182	45	407,28	0,831	5,05	0,01239	0,34
20000	20001,2	0,085	200	2361	45	407,28	1,662	5,05	-0,00813	0,17
$n_{сек}=11$										
10	10,1	0,009	0,1	11	2,8125	247,06	0,001	0,32	-0,00726	22,45
100	100,1	0,056	1	18	2,8125	247,06	0,008	0,32	0,27431	13,72
1000	1001,1	0,081	10	124	11,25	351,72	0,083	1,26	0,25071	2,83
2000	2000,9	0,083	20	242	11,25	351,72	0,166	1,26	0,13143	1,45
4000	4000,5	0,084	40	479	11,25	351,72	0,332	1,26	0,05634	0,73
10000	10003,1	0,084	100	1184	45	746,68	0,831	5,05	0,04551	0,63
20000	20001,2	0,084	200	2365	11,25	351,72	1,662	1,26	-0,01098	0,14

где K_p – ежечасный выпуск продукции на одного списочного рабочего, т/чел;
 $K_ч$ – ежечасный выпуск продукции, т/ч.

Таблица 3

Результаты экспериментальных исследований

$n_{сек}$	$S_{раб}$	KI
1	6,98	0,49
2	-	0,50
6	11,54	0,52
8	-	0,51
11	8,49	0,47

Экстремальные значения KI при различном количестве одновременно собираемых секций представлены в табл. 3. Полученные результаты обработаны при помощи пакета Microsoft Excel. Регрессионная статистика эксперимента приведена в табл. 4.

Проверка адекватности модели выполнена по критерию Фишера (F -критерию). В табл. 5 представлены результаты дисперсионного анализа эксперимента.

Таблица 4

Регрессионная статистика эксперимента

Множественный R	0,988312
R^2	0,976761
Нормированный R^2	0,969015
Стандартная ошибка	0,002979
Число наблюдений, n	5

Результаты дисперсионного анализа эксперимента

	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	Значимость <i>F</i>
Регрессия	1	0,001119	0,001119	126,093
Остаток	3	2,66E-05	8,88E-06	–
Итого	4	0,001146	–	–

Вывод о том, является ли модель адекватной сделан путём сравнения расчётного и теоретического значения *F*-критерия. $F_{\text{теор.}}$ – критерий определяется двумя степенями свободы K_1 и K_2 :

$$K_1 = m = 3; \quad (2)$$

$$K_2 = n - m - 1 = 11 - 3 - 1 = 7,$$

где m – количество критериев; n – число экспериментов.

Критическое значение *F*-распределения для вероятности 0,05 и степеней свободы 3 и 7 составляет $F_{\text{теор.}} = 4,76$.

$$F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}} \quad (3)$$

То есть, из (25) следует, что значение *F*-критерия не превышает табличного. Таким образом, с установленной доверительной вероятностью разработанную модель ССЦ можно считать адекватной.

Таким образом в результате исследований был выполнен ряд задач:

1) Получен оптимальный вариант планировочного решения цеха на стадии подготовки нового производства с учётом загрузки существующего производства.

2) Получены оптимизационные зависимости технологических параметров сборочных единиц от производственных параметров ССЦ применительно к производственным мощностям ОАО «ССК».

3) Получены оптимизированные технико-экономических параметры производственного процесса на ранних этапах технологической подготовки производства.

Список литературы:

- [1] Воронин В.Е. Применение имитационного моделирования для оптимизации управления логистическими системами / В.Е. Воронин, В. С. Куранцева, О. А. Баева// Сборник докладов ИММОД-2009. В 2т. – СПб.: ФГУП ЦНИИТС – 2009. – 2т.– С. 56–53.
- [2] Шеннон Р. Имитационное моделирование искусство и наука шеннон, основные принципы моделирования [Текст]: пер. с англ. / Р. Шеннон; под ред. Е.К. Масловского.– М.: Изд-во Мир, 1978 – 418с.
- [3] Выполнение статистического и инженерного анализа с помощью надстройки «Пакет анализа» [Электронный ресурс]. – URL.<http://office.microsoft.com/ru-ru/excel-help/HP010090842.aspx> (дата обращения: 10.02.2012).
- [4] Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул [Текст]: учеб. Пособие/ Е.Н Львовский/ 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1988. – 239 с.