

УДК 621.001.(045)

С. Б. Купавых, директор
 ООО «Октябрьский завод нефтепромышленного оборудования»
 (г. Октябрьский, Республика Башкортостан)

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ВНЕДРЕНИЯ ТЕОРИИ СТРУКТУР-СТРАТЕГИЙ НА ОКТЯБРЬСКОМ ЗАВОДЕ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ*

Показаны результаты практического внедрения основных положений теории структур-стратегий производственной системы машиностроения при модернизации существующего производства для освоения новых высокотехнологичных изделий.

Ключевые слова: структура стратегий, производственные системы, конструктивно-технологическая сложность, конструктивно-технологические элементы, техническое развитие, модернизация, эффективность производственных систем

Перед Октябрьским заводом нефтепромышленного оборудования (ОЗНПО) в конце 2006 года встала задача освоения новой продукции и, как следствие, возникла необходимость модернизации производственной системы (ПС). Номенклатурная модель предприятия за год претерпела изменения более чем в половину – увеличилось количество высокотехнологичных изделий. Развитие ПС предприятия не могло происходить хаотично, для этого необходимы были соответствующие интеллектуальные ресурсы, владеющие компетенциями в области развития ПС машиностроения. Такие ресурсы были привлечены со стороны ИжГТУ имени М. Т. Калашникова – научная школа профессора Б. А. Якимовича. На протяжении ряда лет поэтапно элементы теоретических исследований апробировались и внедрялись на предприятии.

Основные положения теории структур-стратегий ПС машиностроения изложены в источниках [1–12].

Механообрабатывающее производство на ОЗНПО представлено следующими цехами: цех нестандартного оборудования и заготовок (ЦНОиЗ), цех нефтепромышленного оборудования (ЦНПО), участок капитального ремонта и литья (УКРиЛ), участок резинотехнических изделий (УРТИ), инструментально-ремонтный участок (ИРУ) и ремонтно-механический цех (РМЦ), которые являются производителями и поставщиками деталей, изготавливаемых механической и термической обработкой, для изделий ОАО «Акционерная нефтяная компания „Башнефть“».

В табл. 1 представлены основные статистики технико-экономических показателей работы цехов за шесть лет (1999–2005 гг.).

Проверка нулевой гипотезы о нормальном распределении выборок по этим годам проводилась с помощью критерия Пирсона, для уровня значимости 0,05 и трех степеней свободы. Гипотеза о нормальном распределении не противоречит опытным данным ($\chi^2_p < \chi^2_{\tau}$). Проверка однородности дисперсий выборок осуществлялась по критерию Кохрена. На основе проверки дисперсий на однородность сделан вывод, что все выборки распределены по нормаль-

ному закону ($G_p < G_{\tau}$). Для данного промежутка времени это «устоявшаяся» ситуация, которая не вызывает вопросов для предприятия ни в технологическом, ни в организационном планах. Однако начиная с 2006 года ситуация меняется – мода статистик резко возрастает. К концу 2006 года (использовались квартальные значения статистик технико-экономических показателей) уже медиана возрастает более чем в 2,7 раза. Более углубленный анализ показал, что ПС предприятия не справляется с конструктивно-технологической сложностью [13] принятых к производству изделий.

Таблица 1. Статистики технико-экономических показателей ОЗНПО (1999–2005 гг.)

Цех	Статистики трудоемкости изготовления годовой программы, н/ч		Статистики стоимости н/часа, руб.	
	медиана	мода	медиана	мода
ЦНОиЗ	3 483	3 888	10,2	11,0
ЦНПО	58 536	57 023	9,7	9,9
УКРиЛ	2 763	2 963	11,0	11,0
УРТИ	37 624	33 531	10,4	11,0
ИРУ	176 345	179 786	11,8	11,0
РМЦ	47 624	48 613	10,5	10,6

Использование методики [5] при исследовании технологического оборудования ОЗНПО показало, что основные фонды, а именно их активная часть, изношены на 93 %. Имеются станки с 20-летним и более сроком работы.

Методика синтеза вариантов структур-стратегий ПС машиностроения подробно рассмотрена в [7, 10, 12]. В статье показана ее апробация на примере РМЦ. Данный цех характеризуется разнообразной номенклатурой изделий разных групп сложности.

Таблица 2. Доля количества и трудоемкости изготавливаемых деталей для РМЦ

	Тела вращения	Корпусные	Плоскостные	Другие
Трудоемкость	53,0 %	30,0 %	6,0 %	11,0 %
Количество деталей	35,4 %	47,6 %	7,9 %	9,0 %

Таблица 3. Корпусные детали, изготавливаемые в РМЦ

Группа	Наименование	Размеры	Годовая программа, шт.	Трудоемкость изготовления годовой программы, н/ч
Корпусные	БА 7.084.847.	$24 \times 17,5 \times 51,5$	768	11 597
	114.8.034.584.	$76 \times 44 \times 72$	400	27 120
	БА 8.000.578.	$103,5 \times 132,5 \times 71$	2 016	52 013
	114.7.890.019.	$11 \times 20 \times 28$	200	60
	114.8.601.004.	$10 \times 20 \times 1$	400	400
	БА 7.952.035.	$244 \times 150 \times 10$	1 248	2 995
	БА 8.641.016.	$230 \times 190 \times 5$	1 440	12 629

Выпускаемые в РМЦ корпусные детали (табл. 2, 3) были декомпозированы до конструктивно-технологических элементов (КТЭ), конструкторско-технологические параметры которых были сопоставлены параметрам металлорежущего оборудования в соответствии с методами теории конструктивно-технологической сложности (табл. 4) [13].

Таблица 4. Конструктивно-технологические элементы для корпусных деталей РМЦ

Шифр	Наименование	Эскиз	Операция	Кол-во
10100	Плоскость открытая		Фрезерование концевой фрезой	10
10200	Плоскость полузакрытая		Фрезерование концевой фрезой	1
10300	Плоскость закрытая		Фрезерование концевой фрезой	1
20100	Контур линейный		Фрезерование концевой фрезой	6
20310	Контур сложный наружный		Фрезерование концевой фрезой	8
20320	Контур сложный внутренний		Фрезерование концевой фрезой	2
12110	Уступ прямой открытый		Фрезерование концевой фрезой	2
30100	Открытое цилиндрическое		Сверление	17

На первом этапе для деталей, выпускаемых в РМЦ, было сформировано множество металлорежущего оборудования, содержащее более 400 наименований и множество информационного обеспечения, содержащее 10 элементов.

На втором этапе при помощи четырех логических функций [9], учитывающих основные конструкторские и технологические особенности изготавливаемых деталей: f_1 – логическая функция, учитывающая тип станка; f_2 – логическая функция, учитывающая типовую технологическую операцию, необходимую для формообразования КТЭ; f_3 – логическая функция, учитывающая размерные коэффициенты детали; f_4 – логическая функция, учитывающая класс точности изготавливаемой детали, было сформировано множество A' , содержащее параметры оборудования, пригодного для формообразования КТЭ, образующих множество деталей. Фрагмент множества A' показан ниже (табл. 5).

Таблица 5. Фрагмент множества параметров технологического обеспечения A' , выделенного на втором этапе

№ п/п	Тип оборудования	Наименование оборудования	Характеристики	Ориентировочная стоимость, руб.
1	Токарные с ЧПУ	Okuma LB 400	$\varnothing 420 L = 1\ 000$	6 200 000
2	Токарные с ЧПУ	1757Ф3-3	$\varnothing 560 L = 3\ 000$	7 440 000
3	Токарные с ЧПУ	HSC 400 DS	$\varnothing 300 L = 1\ 600$	4 306 500
4	Токарные с ЧПУ	E35S	$\varnothing 400 L = 1\ 500$	2 975 333

Каждый из станков сформированного множества может быть использован для формообразования КТЭ, составляющих номенклатурную модель корпусных деталей в РМЦ, но каждый из станков может дублировать функции другого из одноименной группы.

На следующем этапе производился синтез вариантов структур-стратегий ПС машиностроения. Для РМЦ было синтезировано $N_B = 2\ 625$ вариантов структур-стратегий ПС машиностроения, характеризующихся различными технико-экономическими показателями. С целью исключения вариантов, не удовлетворяющих экономическим потребностям предприятия, было сформировано нечеткое множество $\tilde{E}$. С учетом максимальной стоимости варианта модернизации, заданной на уровне 70 000 тыс. руб., было отсечено 2 615 вариантов, стоимость которых превышает заданный уровень. Таким образом, в итоговое множество вариантов модернизации производственной системы РМЦ вошло десять вариантов, для которых был рассчитан показатель выбора σ [9].

Сравнительный график значений критерия выбора для выбранных вариантов показан ниже (рис. 1).

В общей сложности для ОЗНПО были синтезированы 57 634 варианта структур-стратегий, при этом были предложены четыре варианта, максимально отвечающие поставленным технико-экономическим требованиям. Значения критерия выбора для предложенных вариантов показаны ниже (рис. 2).

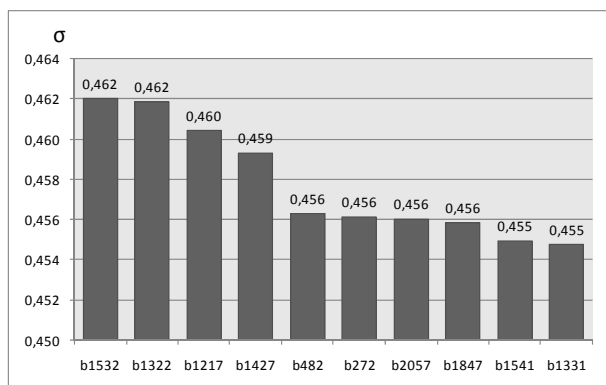


Рис. 1. Значение критерия выбора

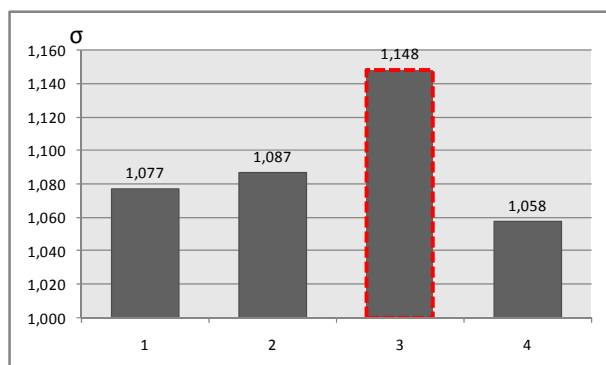


Рис. 2. Значение критерия выбора для синтезированных вариантов на ОЗНПО

В качестве альтернативы модернизации ПС на ОЗНПО был выбран третий вариант, включающий в себя следующее технологическое обеспечение (табл. 6).

На рис. 3 показан новый участок токарной обработки, предназначенный для изготовления высоко-технологичных изделий.



Рис. 3. Участок токарной обработки

На основании теоретических исследований была проведена оценка эффективности синтезированных вариантов структур-стратегий ПС ОЗНПО, был выбран наиболее предпочтительный вариант, характеризующийся следующими технико-экономическими показателями: снижение себестоимости годовой программы на 11 %, снижение трудоемкости годовой

программы на 17,7 %. А годовой экономический эффект от снижения трудоемкости обработки деталей составил в 2013 году 17 млн руб.

Таблица 6. Перечень оборудования – третий вариант модернизации

	Наименование типа оборудования	Модель типа, страна-изготовитель, партнер	Основные характеристики
Токарное с ЧПУ, токарное универсальное			
1	Токарные станки с ЧПУ	Okuma LB400 (Okuma America Corporation)	Ø 420 L = 1 250
2	Токарные станки	CA-562C20Ф (Россия, ОАО «Саста»)	Ø 450 L = 1 500
3	Токарные станки с ЧПУ	Set 3280 (Тайвань, Leadwell)	Ø 500 L = 3 000
4	Токарные станки	CA983 (Россия, ОАО «Саста»)	Ø 500 L = 1 000
Фрезерное универсальное			
Вертикально-фрезерный		FU-450R ApUG (Россия, ПГ «Дюкон»)	400 × 1 600
Шлифовальное универсальное			
1	Внутришлифовальные	3222AФ20 (Украина, ОАО «Харьковский станко-строительный завод»)	Ø 100–300
2	Круглошлифовальное	ЗУ12 (Россия, ОАО «Воронежский станкозавод»)	Ø 200 L = 500
Сверлильное			
1	Вертикально-сверлильное	2С163БЗ (Россия, Стерлитамак)	Ø 80
Отрезное			
1	Ленточно-отрезные (полуавтомат)	Sirius (Италия, F.M.B. s.r.l., ЗАО «Росмарк-Сталь»)	круг Ø 230 квадрат 200×800 Угол распила 0-60-45
2	Ленточно-отрезные (автомат)	Zeus (Италия, F.M.B. s.r.l., ЗАО «Росмарк-Сталь»)	круг Ø 230 квадрат 200 × 800 Угол распила 0-60-45
Термическое			
1	Печь плавильная индукционная	ИСТ 0,4 (Россия, ОАО «Индуктор»)	400 кг
Раскрой листовых материалов		ЦТ4Ф (поставщик – Москва, компания «Avis»)	3 750 × 1 850 × 50
Раскатка фланцев		ООО «Технология» (Россия, Ижевск)	
Изготовление Резинотехнических изделий		SCI— ¹⁰ / ₁₈ —150 (Южная Корея, Shin Chang Precision Industrial Co., Ltd.)	500 × 550

В качестве итога необходимо отметить, что практическое значение теории структур-стратегий состоит в том, что содержащиеся в ней теоретические и

методические разработки, выводы и практические рекомендации исследования обеспечивают решение вопросов, связанных с совершенствованием ПС машиностроения, повышением рентабельности и конкурентоспособности продукции, изготавливаемой в конкретной производственной системе. Комплекс математических моделей, составляющих научную новизну теории, позволил разработать оригинальное математическое, информационное и методическое обеспечение программно ориентированного комплекса мониторинга эффективности структур-стратегий предприятий машиностроения.

Результатом плодотворного сотрудничества науки и производства явился комплекс мер, направленных на повышение эффективности ПС ОЗНПО – Программа технического развития Октябрьского завода нефтепромыслового оборудования, г. Октябрьский.

В настоящее время ООО «ОЗНПО» занимается разработкой, изготовлением, модернизацией и капитальным ремонтом нефтепромыслового оборудования, а также оказывает спектр сервисных услуг в сфере нефтедобычи и в смежных отраслях. На предприятии трудится 2 561 человек. Производственные комплексы площадью более 10 000 м², высокотехнологичный современный парк оборудования, а также применение высоких технологий позволяют проводить и поставлять нашим партнерам качественную продукцию, максимально удовлетворяющую их потребностям.

Библиографические ссылки

1. Якимович Б. А., Корицунов А. И., Кузнецов А. П. Теоретические основы конструктивно-технологической сложности изделий и структур-стратегий производственных систем машиностроения : моногр. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2007. – 280 с.
2. Кузнецов А. П. Оптимальный выбор элементов структур-стратегий производственных систем машиностроения // Экономика и производство. – 2004. – № 1. – С. 35–37.
3. Кузнецов А. П. Общие определения и понимание проблемы выбора структур-стратегий производственных

систем машиностроения // Автоматизация и современные технологии. – 2007. – № 4. – С. 40–42.

4. Кузнецов А. П. Теоретические основы синтеза и анализа структур-стратегий производственных систем машиностроения при выборе многоименного оборудования // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2007. – № 5. – С. 20–24.

5. Кузнецов А. П., Завертяева О. В. Методика определения неэффективных рабочих мест структур-стратегий механосборочных производств // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2007. – № 7. – С. 3–6.

6. Кузнецов А. П. Методика оценки эффективности структур-стратегий производственных систем машиностроения // Технология машиностроения. – 2007. – № 7. – С. 86–90.

7. Кузнецов А. П. Теоретическое обеспечение разработки программ технического развития производственных систем // Технология машиностроения. – 2007. – № 10. – С. 82–85.

8. Кузнецов А. П. Оценка риска выполнения производственной программы предприятия машиностроения при реализации структуры-стратегии его технического развития // Вестн. Ижев. гос. техн. ун-та. – 2008. – № 1. – С. 69–71.

9. Кузнецов А. П., Замятин К. И. Выбор технологических элементов структур-стратегий производственных систем машиностроения // Изв. Сам. науч. центра РАН. Спец. вып. : Актуал. проблемы машиностроения. – 2009. – С. 292–296.

10. Замятин К. И., Кузнецов А. П. Выбор технологического обеспечения структур-стратегий производственной системы машиностроения (на примере детали типа «корпус») // Вестн. Ижев. гос. техн. ун-та. – 2010. – № 1. – С. 19–22.

11. Кузнецов А. П. Оптимальное планирование загрузки оборудования с учетом неопределенности длительности работ // Интеллектуал. системы в пр-ве. – 2011. – № 1. – С. 114–120.

12. Замятин К. И., Кузнецов А. П. Автоматизированная система поддержки принятия решений при синтезе структур-стратегий производственных систем машиностроения (СППР «Синтез ПС») // Автоматизация и современ. технологии. – 2012. – № 4. – С. 20–25.

13. Якимович Б. А., Корицунов А. И. Методы укрупненного нормирования в машиностроении и перспективы получения прогнозной трудоемкости // Информатика – машиностроению. – 1996. – № 3. – С. 34–37.

S. B. Kupavykh, Director, "Oktyabrsky plant of oilfield equipment" Ltd, Oktyabrsky, Republic of Bashkortostan

Results of practical implementation of the theory of structures-strategies for Oktyabrsky plant of oilfield equipment

The paper presents the results of practical implementation of basic statements of the theory of structures-strategies for manufacturing engineering system for modernization of the existing production in order to develop new high-tech products.

Keywords: structure of strategies, production systems, structural process complexity, structural and technological elements, technical development, modernization, efficiency of production systems

Получено: 30.04.14