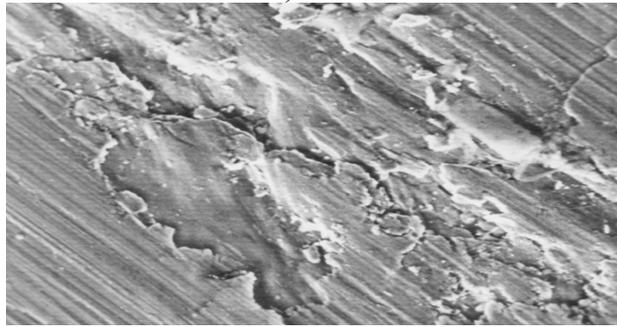


б)



в)

Рис. 4. Структура поверхонь тертя а) матеріалу складу $63\text{Ni}+13,5\text{Mo}+13,5\text{W}+10\text{CaF}_2$ і б) контргтіла ЭИ 961 , х 400; в) контргтіла ЭИ 961, х 1200.

Таким чином, на основі проведених експериментів можна зробити висновок, що всі досліджувані матеріали мають високий комплекс антифрикційних та фізико-механічних властивостей, що дозволяє їх рекомендувати для роботи у вузлах тертя, що працюють при зовнішньому нагріві $700-800^\circ\text{C}$ та підвищених навантаженнях 5-7 МПа на повітрі, насамперед, як підшипники енергетичного обладнання.

Перелік літератури: 1. Роик Т.А., Шевчук Ю.Ф. Новые порошковые антифрикционные материалы на основе никеля // Вестник НТУУ "КПИ". Машиностроение. – 1999. – Вып. 37. – С. 210-214. 2. Шевчук Ю.Ф., Роик Т.А. Триботехнические материалы для экстремальных условий работы // Сб. трудов Международной конф. «Новейшие технологии в порошковой металлургии и керамике / Под ред. акад. НАНУ В.В.Скоророда. – Киев. – 2003. – С. 177-178.». 3. Роїк Т.А. Технологічні особливості фінішної обробки високотемпературних композиційних підшипникових матеріалів // Вісник двигунобудування. – Запоріжжя. – 2005. №3. – С. 136-143. 4. Роїк Т.А, Киричок П.О., А.П. Гавриш Композиційні підшипникові матеріали для підвищених умов експлуатації. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 404 с. 5. Авторское свидетельство СССР № 1210473 А, С22С19/03, F16С33/12, С22С32/00, 10.07.1984. 6. Роик Т.А., Вицюк Ю. Ю. Структурно-фазовое строение и свойства композиционных антифрикционных жаростойких материалов на основе никеля // Сб. трудов XIV Междунар. научн.-техн. конф. «Машиностроение и техносфера XXI века». – Севастополь, 17-22 сентября 2007 г. – Т. 3. – Донецк : ДонНТУ, 2007. – С.223 – 230.

Сдано в редакцию 14.01.08

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ИЗДЕРЖЕК МОДИФИЦИРОВАННОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ АППАРАТОВ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

Смолий В.Н. (ТИ ВНУ им. В.Даля г.Северодонецк, Украина)

As a result of the conducted researches, on the basis of method of analysis of hierarchies, statistical information was collected by expert estimations of parameters, administrative costs are certain from introduction of the modified technological process. The

constituents of administrative costs, bringing in of experts conditioned by a necessity, and involvings of plenty of enterprises, are analyzed for collection of statistics and concordance of the recommendations produced by the system with the supposed technological process of production. The functional of efficiency of introduction of modification is certain in the existent process of production, the dynamics of examined functional is explored for different on purpose, to the external environments and structural registration of technological objects.

Исследуя проблему организации автоматизированного управления технологическими процессами (ТП) производства сложноорганизованных объектов, следует большое внимание уделить вопросам обеспечения адаптации рассматриваемых процессов к особенностям производимого объекта, возможной ориентации технологического процесса на назначение и компоновку производимого изделия [1]. Решение данных вопросов следует искать в организации автоматизированного управления на основе интеллектуальных систем, но вначале необходимо отследить и обосновать необходимость применения данных подходов, проанализировать их экономическую целесообразность и оценить организационную необходимость подобного рода новшеств. С этой целью, для системного анализа вносимых в существующий технологический процесс новшеств, выбирают один из методов системного анализа, например метод анализа иерархий [2, 3]. Предполагаемая надстройка возлагает на себя: выполнение функций моделирования посредством программно-технических комплексов, работу экспертной системы на основании правил продукции, согласование выдаваемых экспертной системой рекомендаций с существующими нормами и правилами, действующими на предприятии, постпроцессирование управляющих воздействий для реализации принятых решений в ТП. Данная схема работает, как для ТП производства электронных аппаратов (ЭА), так и для ТП производства любого сложноорганизованного объекта, например, плиты перекрытия промышленного здания с оптимизацией длины арматурной структуры при обеспечении заданной прочности, поэтому тематика проводимых работ является актуальной.

Целью исследований является решение актуальной научно-технической проблемы генерации адаптивного управления технологическим процессом производства электронных аппаратов, опирающегося на систему поддержки принятия решения решающую вопросы моделирования, анализа и генерации рекомендаций, применение которой позволяет повысить качество и надежность ЭА при оптимизации технико-экономических показателей всего процесса производства в целом. Рассматривая задачу управления процессом производства электронных аппаратов, следует выделить в ее рассмотрении следующие аспекты: необходимость включения в технологический процесс предлагаемой «надстройки» для моделирования свойств и параметров ЭА [1], составление по результатам моделирования некоторых заключений о приемлемости компоновки и параметров изделия и в противном случае необходимость генерации сценариев выхода из нежелательных ситуаций, организация управления процессом производства с учетом выдаваемых рекомендаций [4].

После иерархического воспроизведения проблемы [4] устанавливаются приоритеты критериев и оценивается каждая из альтернатив по критериям. В МАИ элементы задачи сравниваются попарно по отношению к их воздействию на общую для них характеристику. Система парных сведений приводит к результату, который может быть представлен в виде обратно симметричной матрицы. Элементом матрицы $a(i,j)$ является интенсивность проявления элемента иерархии i относительно элемента иерархии j , оцениваемая по шкале интенсивности от 1 до 9, где оценки имеют смысл, приведенный в табл. 1.

Таблица 1. Шкала интенсивности МАИ

Величина	Значение
1	Равная важность
2	Промежуточное значение между равной важностью и умеренным превосходством
3	Умеренное превосходство одного над другим
4	Промежуточное значение между умеренным и существенным превосходством
5	Существенное превосходство одного над другим
6	Промежуточное значение между существенным и значительным превосходством
7	Значительное превосходство одного над другим
8	Промежуточное значение между значительным и очень сильным превосходством
9	Очень сильное превосходство одного над другим

Если при сравнении одного фактора i с другим j получено $a(i,j) = b$, то при сравнении второго фактора с первым получаем $a(j,i) = 1/b$. Относительная сила, величина или вероятность каждого отдельного объекта в иерархии определяется оценкой соответствующего ему элемента собственного вектора матрицы приоритетов, нормализованного к единице. Процедура определения собственных векторов матриц поддается приближению с помощью вычисления геометрической средней.

Приоритеты синтезируются начиная со второго уровня вниз. Локальные приоритеты перемножаются на приоритет соответствующего критерия на вышестоящем уровне и суммируются по каждому элементу в соответствии с критериями, на которые воздействует элемент.

Важным понятием теории является так называемый индекс согласованности (ИС), который дает информацию о степени нарушения согласованности

$$ИС = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1), \quad (1)$$

где n – размерность матрицы, а λ_{\max} считается следующим образом: вначале суммируется каждый столбец суждений, затем сумма первого столбца умножается на величину первой компоненты нормализованного вектора приоритетов, сумма второго столбца – на вторую компоненту и т.д., затем полученные числа суммируются. $\lambda_{\max} \geq n$.

Теперь необходимо сравнить ИС с той величиной, которая получилась бы при случайном выборе суждений. Значения этой величины – случайной согласованности (СС) табулированы.

Определяя ИС и СС, находим отношение согласованности

$$ОС = \frac{ИС}{СС}. \quad (2)$$

Если для конкретной матрицы окажется, что $ОС > 0.1$, то можно утверждать, что суждения эксперта, на основе которых заполнена исследуемая матрица, сильно

рассогласованы, и необходимо либо сменить экспертов, либо найти дополнительные данные, либо решать проблему другим методом.

Матрица парных сравнений для уровня иерархии исследования управленческих издержек, обусловленных необходимостью привлечения экспертов для создания специализированных баз знаний и правил продукции имеет вид, приведенный в табл. 2. В табл.2 и последующих введены следующие обозначения: O1 - бытовой ЭА, O2 - стационарный ЭА, O3 - транспортный ЭА, O4 - военный ЭА, O5 - авиационный ЭА, O6 - космический ЭА.

Таблица 2. Матрица парных сравнений для исследования управленческих издержек

Необходимость привлечения экспертов	O1	O2	O3	O4	O5	O6	Собственный вектор	Вектор приоритетов
O1	1	1/3	1/5	1/7	1/9	1/8	0,226	0,025
O2	3	1	1/2	1/4	1/5	1/7	0,47	0,052
O3	5	2	1	1/3	1/6	1/5	0,693	0,076
O4	7	4	3	1	1/4	1/3	1,383	0,152
O5	9	5	6	4	1	1/2	2,854	0,315
O6	8	7	5	3	2	1	3,448	0,38

Для рассматриваемого случая максимальное собственное значение матрицы $\lambda_{\max} = 6,398$ и для $n=6$ величина случайной согласованности составляет 1,24, поэтому отношение согласованности для рассматриваемой матрицы равно 0,064, что меньше допустимого (0,08 ÷ 0,1), поэтому пересмотр суждений не требуется. Анализируя заполненную экспертами табл. 2 получаем, что максимальный вклад в управленческие издержки за счет необходимости привлечения экспертов имеет космический ЭА так как процесс его компоновки, подбора материалов и сборки основан на привлечении высококвалифицированных специалистов и формализация этих процедур требует привлечения экспертов с не меньшей квалификацией и опытом работы. Наименьшую составляющую в управленческих издержках за счет привлечения экспертов имеют бытовые ЭА т.к. для их производства характерен выигрыш от накопления информации в базах данных по выполненным проектам и отсутствуют наукоемкие производственные процессы.

В табл. 3. сведены статистически обработанные знания экспертов по оценкам параметров для уровня иерархии исследования управленческих издержек, получаемых за счет необходимости задействования большого количества предприятий для сбора статистики по формализации принимаемых решений, тестировании уже принятых и построению правил продукции для системы автоматизированного управления производством ЭА.

Таблица 3. Матрица парных сравнений для исследования управленческих издержек

Необходимость задействовать большое количество предприятий для сбора статистики	O1	O2	O3	O4	O5	O6	Собственный вектор	Вектор приоритетов
O1	1	1	1/3	1/4	1/6	1/5	0,375	0,048
O2	1	1	1/2	1/3	1/5	1/4	0,45	0,057
O3	3	2	1	1/2	1/3	1/4	0,794	0,101
O4	4	3	2	1	1/4	1/2	1,201	0,153
O5	6	5	3	4	1	1/3	2,221	0,283

О6	5	4	4	2	3	1	2,798	0,357
----	---	---	---	---	---	---	-------	-------

Максимальное собственное значение матрицы $\lambda_{\max} = 6,518$ и для $n=6$ величина случайной согласованности составляет 1,24, поэтому отношение согласованности для рассматриваемой матрицы равно 0,083, что меньше допустимого, поэтому пересмотр суждений не требуется. Исследуя закономерности табл. 3 получаем, что наибольшие управленческие издержки за счет необходимости задействования большого количества предприятий для сбора статистики имеют ЭА космического назначения т.к. собираемые статистические данные касаются, как космических аппаратов различного назначения, так и их различных серий и сложившихся технологий производства. Наименьшие издержки характерны для бытовых ЭА, что обусловлено относительной простотой принимаемых конструкторско-технологических решений и их сравнительной тождественностью, тиражируемой от предприятия к предприятию.

Сравнительный анализ управленческих издержек, обусловленных необходимостью согласования выдаваемых системой рекомендаций с предполагаемым ТП производства, приведен в табл. 4.

Таблица 4. Матрица парных сравнений для исследования управленческих издержек

Необходимость согласования выдаваемых системой рекомендаций с предполагаемым ТП производства	О1	О2	О3	О4	О5	О6	Собственный вектор	Вектор приоритетов
О1	1	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	0,201	0,021
О2	5	1	1/4	1/6	1/7	1/8	0,394	0,041
О3	6	4	1	1/4	1/5	1/6	0,765	0,08
О4	7	6	4	1	1/3	1/4	1,552	0,163
О5	8	7	5	3	1	1/2	2,737	0,287
О6	9	8	6	4	2	1	3,888	0,408

Для приведенных в табл. 4 данных получаем, что максимальное собственное значение матрицы $\lambda_{\max} = 6,519$, величина случайной согласованности составляет 1,24 ($n=6$), отношение согласованности равно 0,084, что меньше допустимого, поэтому пересмотр суждений не требуется. Анализируя закономерности, сведенные в табл. 4, получаем, что наибольший вес управленческих издержек связанных с необходимостью согласования выдаваемых системой рекомендаций с предполагаемым ТП производства имеют ЭА космического назначения, а наименьший – бытовые ЭА. Подобного рода тенденция для первых обусловлена необходимостью адаптации сценариев работы экспертной системы под установившиеся традиции и навыки специалистов-производственников. Небольшой приоритет рассматриваемого фактора для бытовых и стационарных ЭА обусловлен легкой формализацией процесса принятия решений и относительной простотой принимаемых решений.

Функционал эффективности внедрения модификации в существующий процесс производства [4] складывается из

$$J = J_1 + J_2, \quad (3)$$

где J_1, J_2 – составляющие функционала, обусловленные выгодами и издержками от внедрения предлагаемых ПТК для моделирования механических нагрузок ЭА и их составляющих (модифицированный технологический процесс производства).

Составляющие функционала эффективности [4], определяемые на основании метода анализа иерархий [2, 3], имеют вид

$$J_1 = 0.167 \cdot \mathcal{ЭВ} + 0.833 \cdot \mathcal{УВ} , \quad (4)$$

$$J_2 = 0.75 \cdot \mathcal{ЭИ} + 0.25 \cdot \mathcal{УИ} , \quad (5)$$

где $\mathcal{ЭВ}$, $\mathcal{УВ}$ – экономические и управленческие выгоды, получаемые от внедрения предлагаемых модификаций в существующий технологический процесс производства $\mathcal{ЭА}$, $\mathcal{ЭИ}$, $\mathcal{УИ}$ – соответственно экономические и управленческие издержки, получаемые от внедрения предлагаемых модификаций в существующий технологический процесс производства $\mathcal{ЭА}$.

Зависимости показателей функционала эффективности от признаков, проанализированных методом анализа иерархий, имеют вид

$$\begin{cases} \mathcal{ЭВ} = 0.512 \cdot \mathit{Пр1} + 0.135 \cdot \mathit{Пр2} + 0.307 \cdot \mathit{Пр3} + 0.047 \cdot \mathit{Пр4} , \\ \mathcal{УВ} = 0.102 \cdot \mathit{Пр5} + 0.172 \cdot \mathit{Пр6} + 0.726 \cdot \mathit{Пр7} , \\ \mathcal{ЭИ} = 0.428 \cdot \mathit{Пр8} + 0.227 \cdot \mathit{Пр9} + 0.176 \cdot \mathit{Пр10} + 0.12 \cdot \mathit{Пр11} + 0.049 \cdot \mathit{Пр12} , \\ \mathcal{УИ} = 0.111 \cdot \mathit{Пр13} + 0.22 \cdot \mathit{Пр14} + 0.667 \cdot \mathit{Пр15} , \end{cases} \quad (6)$$

где $\mathit{Пр1} - \mathit{Пр15}$ – непосредственно анализируемые акторы для исследования рассматриваемой иерархии проблемы.

С учетом результатов обработки статистических выборок, полученных после опроса экспертов (табл. 1 - табл. 3), получаем

$$\begin{cases} \mathit{Пр13} = 0.025 \cdot \mathit{О1} + 0.052 \cdot \mathit{О2} + 0.076 \cdot \mathit{О3} + 0.152 \cdot \mathit{О4} + 0.315 \cdot \mathit{О5} + 0.38 \cdot \mathit{О6} , \\ \mathit{Пр14} = 0.048 \cdot \mathit{О1} + 0.057 \cdot \mathit{О2} + 0.101 \cdot \mathit{О3} + 0.153 \cdot \mathit{О4} + 0.283 \cdot \mathit{О5} + 0.357 \cdot \mathit{О6} , \\ \mathit{Пр15} = 0.021 \cdot \mathit{О1} + 0.041 \cdot \mathit{О2} + 0.08 \cdot \mathit{О3} + 0.163 \cdot \mathit{О4} + 0.287 \cdot \mathit{О5} + 0.408 \cdot \mathit{О6} , \end{cases} \quad (7)$$

где $\mathit{О1} - \mathit{О6}$ – непосредственно объекты исследования, манипулируя параметрами и компоновкой которых, влияют на признаки и, наоборот, рассматривая и исследуя политику акторов в отношении объектов влияют на политику и фокус рассматриваемой проблемы.

Систематизировав все имеющиеся сведения об объекте исследований, рассматривая статистически обработанные экспертные оценки экономических и управленческих выгод и издержек, получают следующую динамику анализируемых признаков исследуемых типов $\mathcal{ЭА}$, приведенную в табл. 5.

Величины промежуточных функционалов выгод и издержек, а также функционала эффективности внедрения модификации в существующий процесс производства (3) проиллюстрированы в табл. 6.

Анализируя результаты исследования функционала эффективности внедрения модификации в существующий процесс производства, получают, что такое новшество наиболее эффективно для $\mathcal{ЭА}$ космического и бытового назначения, а наименее эффективно для технологического процесса производства транспортных $\mathcal{ЭА}$. Данные

тенденции объясняются тем, что у космических ЭА большая часть производственной

Таблица 5. Экономические и управленческие признаки для ЭА различного назначения

Тип ЭА / Признак	O1	O2	O3	O4	O5	O6
Пр1	0.469	0.247	0.12	0.051	0.079	0.034
Пр2	0.436	0.223	0.147	0.087	0.045	0.062
Пр3	0.04	0.046	0.112	0.153	0.285	0.364
Пр4	0.029	0.047	0.072	0.163	0.276	0.412
Пр5	0.029	0.048	0.084	0.124	0.257	0.457
Пр6	0.038	0.054	0.086	0.157	0.286	0.378
Пр7	0.04	0.054	0.088	0.165	0.222	0.432
Пр8	0.417	0.272	0.141	0.089	0.058	0.024
Пр9	0.37	0.275	0.17	0.087	0.056	0.043
Пр10	0.368	0.292	0.143	0.081	0.081	0.34
Пр11	0.03	0.056	0.097	0.161	0.216	0.44
Пр12	0.459	0.255	0.102	0.076	0.072	0.035
Пр13	0.025	0.052	0.076	0.152	0.315	0.38
Пр14	0.048	0.057	0.101	0.153	0.283	0.357
Пр15	0.021	0.041	0.08	0.163	0.287	0.408

Таблица 6. Функционал эффективности внедрения модификации в существующий процесс производства

Показатель / Тип ЭА	ЭВ	УВ	ЭИ	УИ	J ₁	J ₂	J
O1	0.313	0.039	0.353	0.027	0.084	0.272	0.178
O2	0.173	0.053	0.249	0.046	0.073	0.199	0.136
O3	0.119	0.087	0.141	0.084	0.093	0.127	0.11
O4	0.092	0.159	0.095	0.159	0.148	0.111	0.13
O5	0.147	0.237	0.081	0.289	0.222	0.133	0.177
O6	0.157	0.425	0.134	0.393	0.38	0.199	0.29

информации систематизируется вводимыми новшествами, формализуются имеющиеся знания и технические наработки существующего высокотехнологического процесса производства, и испытания опытного образца изделия в предполагаемых условиях эксплуатации осуществляются на модели, без циклов возврата производимого изделия на доработку. Для бытового ЭА также характерны подобные факторы достижения управленческих и экономических выгод от предполагаемого внедрения.

Выводы. В результате проведенных исследований, на основании метода анализа иерархий, были собраны статистические данные по экспертным оценкам параметров, определены управленческие издержки от внедрения модифицированного технологического процесса, проанализированы факторы необходимости привлечения экспертов, опроса большого количества предприятий (и экспертов на предприятии) для сбора статистики, оценена необходимость согласования выдаваемых системой рекомендаций с предполагаемым ТП производства. Определен функционал эффективности внедрения модификации в существующий процесс производства. Наибольший эффект от внедрения предлагаемого модифицированного технологического процесса будут иметь ЭА космического и бытового назначения,

наименьший – ЭА транспортного назначения, т.е. данную систему необходимо развивать и в дальнейшем применить математический аппарат оптимизации свойств и параметров изделия для достижения оптимального значения экономико-управленческого функционала (3), что позволит управлять процессом производства с минимальными затратами при максимальном управленческом эффекте, а также разработать механизм влияния этих параметров на структуру и параметры технологического объекта.

Список литературы: 1. Смолий В.Н. Принципы управления процессом производства электронных аппаратов// Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2007.- Вип. 33. – С.282-289. 2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ.- М.: "Радио и связь", 1993.- 320 с. 3. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем М.; Радио и связь, 1991 - 224с. 4. Смолий В.М. Метод анализа иерархий для исследования системы управления процессом производства электронных аппаратов// Вісник Херсонського національного технічного університету. - 2007. – №4(27). - С. 428-432.

Сдано в редакцию 16.01.08

УСТАНОВЛЕНИЕ ДОПУСТИМОГО УРОВНЯ ДЕФОРМАЦИИ УПРУГИХ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ТЕЛ КАЧЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

Стрельников В.Н. (ЗАО НКМЗ, г. Краматорск, Украина)

Admissible borders of radial deformation of intermediate bodies, with reference to mechanical transfers with circular gear gearing are established. The problem about intense – deformed a condition of intermediate bodies is considered according to the theory of covers, the decision is received by means of a principle of virtual movings.

Новый способ образования зацепления высших кинематических пар, предназначенный для синтеза высоконагруженных механических передач, основан на введении упругих промежуточных тел качения (ПТК) между зубьями [1]. Постоянство заданного передаточного отношения обеспечивается путем многопарности зацепления, достигающейся за счет радиальной податливости ПТК и минимальной разности зубьев во внутреннем зацеплении. Поэтому задача о напряженно–деформированном состоянии ПТК является актуальной.

Целью работы является установление допустимого уровня радиальной деформации ПТК из условий максимальной нагрузки механической передачи и обеспечения стабилизации заданного передаточного отношения. Для достижения поставленной цели необходимо разработать математическую модель напряженно–деформированного состояния цилиндрической оболочки и через принцип виртуальных перемещений установить экстремальную зависимость деформаций и напряжений.

В качестве расчетной модели ПТК рассмотрим оболочку нагруженную двумя сосредоточенными диаметрально противоположными силами \vec{P} , приложенными на расстоянии ξ от нормального срединного сечения оболочки (рис. 1). Полярный угол φ отсчитывается от диаметра, проведенного через точки приложения сил. Этим точкам соответствуют значения угла φ равные 0 и π .

Компоненты вектора смещения представим в виде рядов