

УДК 502/504:630.23\*:001.895

П. М. МАЗУРКИН, В. А. ГРЯЗИН

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Марийский государственный технический университет», Йошкар-Ола

## ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТРУКТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И РИСКИ В ПРОЦЕССАХ МАТЕРИАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ИДЕЙ

*Приведено потоковое представление функциональных структур технологических процессов, комплексов и комплектов машин и оборудования для природообустройства и природопользования. Особо выделены удельные параметры отношений потоков труда, вещества, энергии и информации.*

*Инновация, функциональная структура, технологический комплект, техническая функция, рубка деревьев.*

*There is given a data-flow of functional structures of technological processes, complexes and complete sets of machines and equipment for environmental engineering and nature management. The following is specially singled out: specific parameters of relations of flows of labor, matter, power and information.*

*Innovation, functional structure, technological complete set, technical function, trees cutting.*

Ожидаемая модернизация технологического базиса экономики требует вначале оценки рисков от различных стратегий поведения возрождаемого машиностроения. Граничное поведение гражданского машиностроения можно охарактеризовать следующими действиями:

- возрождать старые системы машин или же создавать новые машины;
- формировать многоотраслевую систему или же оставить отраслевые;
- создавать на базе отечественных машин или же включать зарубежные.

Самой худшей является стратегия, при которой закупаются полностью зарубежные комплексы и системы машин. Функция отечественного машиностроения в этом случае – инфраструктурное обеспечение систем машин, приобретаемых из других стран. Однако при любой стратегии обновления, т. е. при разных рисках защиты населения и среды его обитания от технологической экспансии из-за рубежа, должна быть создана единая методология функционирования и формирования комплектов машин и оборудования и отраслевых систем.

*Функциональные структуры процессов.* Чтобы объяснить структурно-функциональный анализ технической функции, необходимо взять примеры из простых и общеизвестных видов деятельности, причем только в виде конечных

вариантов блок-схем [1–4]. Вначале нужно принять способ изображения обобщенной функциональной структуры (ОФС), как это показано на рис. 1.

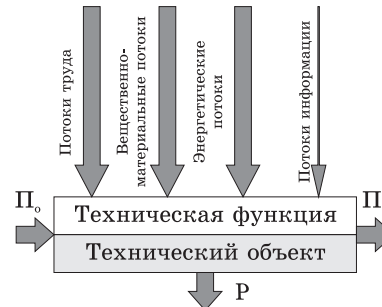


Рис. 1. Потоковое представление обобщенной функциональной структуры (обозначения в тексте)

Любая техническая функция выполняется человеком с использованием технического объекта (инструмента, орудия, машины, комплекса машин и оборудования и пр.) или же без него (танец, пение, бег, ходьба и пр.).

Материальные потоки обозначаются двойными стрелками  $\Rightarrow$ , информационные потоки – одинарными  $\rightarrow$ . Трудовой процесс включает следующие потоки преобразования по их участникам:  $\Pi_0$  – исходные предметы труда или обработки (без прямого вмешательства человека) в виде сырья, материалов, полуфабрикатов,

сборочных единиц, узлов машин и механизмов, частей сооружений и др.;  $\Pi_k$  – конечное состояние предметов обработки в виде обогащенного сырья, обработанных материалов, полуфабрикатов, сборочных единиц, машин и оборудования, зданий и сооружений и пр. Конечной целью любого процесса преобразования является качество и количество  $\Pi_k$  для прямого или косвенного потребления.

Потоки потребления, при наличии которых выполняется процесс преобразования:  $T$  – потоки труда (живой труд в виде трудовой энергии персонала и прошлый труд в виде дискретных потоков технического объекта, например технологического оснащения некоего технологического процесса или множества производственных процессов), поэтому  $T = T + M$ , где  $M$  – машины и оборудование для персонала;  $B$  – вещественно-материальные потоки в виде экипировок персонала, включая одежду, здания и сооружения, а также запасных частей и узлов к технологическому оснащению и пр.,  $\mathcal{E}$  – энергетические потоки в виде пищи для персонала и корма для работающих животных, топлива и горюче-смазочных материалов для технологического оснащения, электроэнергии, теплоснабжения и пр.;  $I$  – потоки информации, внешние (сведения) и внутренние, причем внутренняя для данной технологической системы по схеме на рис. 1 информация понимается как мера взаимодействия между всеми участниками динамических преобразований.

В ходе преобразований потока типа  $\Pi_0 \Rightarrow \Pi_k$  происходят дополнительные потоки потерь  $P$  в виде отходов, брака изделий, загрязнения и других видов нежелательной продукции. Поэтому фактический

баланс количества вещественно-энергетических потоков определяется векторным соотношением типа  $\Pi_0 \approx \Pi_k + P$ . Из-за ужесточения экологических требований на первое место во многих отраслях деятельности встают нежелательные потоки преобразований типа  $\Pi_0'' \Rightarrow P$ , а на втором месте оказываются желательные потоки преобразований типа  $\Pi_0' \Rightarrow \Pi_k$ , причем  $\Pi_0 = \Pi_0' + \Pi_0''$ .

Коэффициент полезного действия (кпд) преобразования может быть рассчитан по количеству сырья ( $\Pi_0' / \Pi_0$ ) или по количеству продукции ( $\Pi_k / \Pi_0$ ). Экологический ущерб возникает тогда, когда весь поток  $P$  или его основная часть влияет на природные процессы, т. е. на внепроизводственные преобразования среды, окружающей данное производство.

Ныне применяется, как правило, второй способ, но только в экономических исчислениях производства. Обозначив коэффициент полезного действия символом  $\eta$ , получаем, что физическая величина  $1 - \eta$  показывает предельно возможный относительный экологический ущерб. Обратная физическая величина типа  $\Pi_0 / \Pi_k$ , или  $\eta^{-1}$  показывает отношение удельных затрат исходных предметов обработки к единице конечной вещественно-энергетической продукции.

По аналогии можно вычислять относительные затраты на единицу выпускаемой продукции и по другим входящим, т. е. потребляемым в производстве потокам:  $P/\Pi_k$ ;  $T/\Pi_k$ ;  $B/\Pi_k$ ;  $\mathcal{E}/\Pi_k$  [4–7];  $(B + \mathcal{E})/\Pi_k$  и др.

В таблице приведена матрица прямых и обратных отношений семи различных потоков.

В каждой клетке матрицы бинар-

Матрица бинарных отношений между потоками в производственном процессе

Влияющие потоки X	Зависящие потоки Y						
	T(M), ч	B, кг	Э, кВт-ч	I, бит	$\Pi_0$ , кг (м <sup>3</sup> )	$\Pi_k$ , кг (м <sup>3</sup> )	P, кг (м <sup>3</sup> )
Труд T(M), ч	1	B/T	Э/T	I/T	$\Pi_0/T$	$\Pi_k/T$	P/T
Вещество B, кг	T/B	1	Э/B	I/B	$\Pi_0/B$	$\Pi_k/B$	P/B
Энергия Э, кВт-ч	T/Э	B/Э	1	I/Э	$\Pi_0/Э$	$\Pi_k/Э$	P/Э
Информация I, бит	T/I	B/I	Э/I	1	$\Pi_0/I$	$\Pi_k/I$	P/I
Предметы $\Pi_0$ , кг (м <sup>3</sup> )	T/ $\Pi_0$	B/ $\Pi_0$	Э/ $\Pi_0$	I/ $\Pi_0$	1	$\Pi_k/\Pi_0$	P/ $\Pi_0$
Продукция $\Pi_k$ , кг (м <sup>3</sup> )	T/ $\Pi_k$	B/ $\Pi_k$	Э/ $\Pi_k$	I/ $\Pi_k$	$\Pi_0/\Pi_k$	1	P/ $\Pi_k$
Потери P, кг (м <sup>3</sup> )	T/P	B/P	Э/P	I/P	$\Pi_0/P$	$\Pi_k/P$	1

ные отношения между потоками можно выразить сложными формулами с учетом дискретности потоков, потерь при хранении и консервации (тогда по диагональным клеткам отношения самих потоков на себя не будут равны единице). В целом матрица по таблице схожа с матрицей В. Леонтьева типа «затраты – выпуск».

Особый интерес вызывает выпуск отходов, являющихся частью потерь Р. Многие процессы природопользования столь экологически ущербны, что потоки типа Р дают больше ущерба, чем дохода от выпуска продукции.

**Биотехнические функции.** Человек является частью природы и одним из его биологических видов. Техническим процессом, т. е. мастерством каких-то преобразований типа  $\Pi_0 \Rightarrow \Pi_k$  владеют не только люди, но и многие животные и даже растения. Причем все они в своей жизнедеятельности в той или иной степени устраивают и тем самым изменяют среду своего обитания.

Реакция природной среды становится все более ощутимой людьми. Жить на Земле невозможно без следования принципу коэволюции (сосуществования) биологических видов.

Наиболее ярким примером биотехнических функций является способ рубки деревьев в лесу, т. е. получение древесных заготовок из части или всех лесных деревьев на данной территории лесного земельного участка (рис. 2).

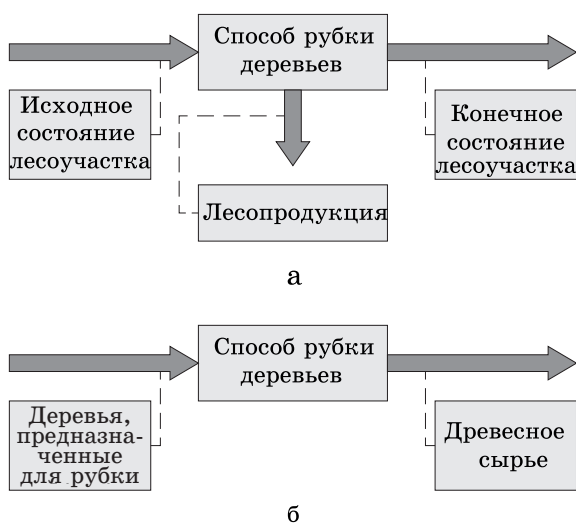


Рис. 2. Биотехнические функции рубки деревьев в древостое леса: а – биосистемная функция преобразования участка леса; б – биотехническая функция заготовки древесины в виде кругляка

В первом случае лес рассматривается как целостная экосистема на выделе (см. рис. 2а). Тогда любой способ рубки деревьев вызывает потери Р для древостоя – биотического ядра леса. В мире известно более 30 способов прижизненного пользования лесом без уничтожения деревьев.

Во втором случае этот же участок леса рассматривается только как источник древесины (кругляк) или в лучшем случае как древесное сырье (кругляк + щепка + хвоя + ...). При этом лесная среда полностью уничтожается, а затем люди думают о посеве или посадке новых деревьев. В итоге биотехническая функция превращается в чисто техническую функцию (см. рис. 2б).

Это и есть коренное противоречие в российском лесопользовании.

**Энергетический импульс инновации.** Инновация – это процесс круговорота осваиваемых в производстве новшеств, улучшающих все  $7^2 = 49$  отношений между потоками в таблице.

Таким образом, понятие «функция» по сравнению со словом «техническая функция» трактуется широко по отношению к любому трудящемуся человеку и/или к любому функционирующему техническому объекту. Это способность к действию, воздействию, взаимодействию, противодействию. Удалось найти и тонкий понятийный мостик, связывающий термин «функция» со словом ... «энергия»!

Известно, что в первом издании Британской энциклопедии, вышедшем в 1771 году, статья под заголовком «энергия» имела следующий вид: «Энергия – слово греческого происхождения, означает могущество, достоинство или действенность чего-либо. ...». Действенность чего-то, т. е. способность к действию, называется в настоящее время функцией. Поэтому между понятиями «функция» и «энергия» есть близкое сходство.

Исследование поведения реальных объектов приводит к составлению списка функций и затем функциональных структур [1–4, 8–12]. Очевидно, что прошлые технические средства должны иметь определенные наборы технических функций со связями, т. е. функциональные структуры. В истории бывали случаи, когда люди забывали назначение ранее создан-

ных устройств. Например, ученые долго не могли понять функции средневекового устройства, применяемого для очистки кожуры у яблока. Может оказаться так, что через 50–100 лет не будут поняты и современные технические средства. Отсюда следует, что техническое средство может оказаться перед глазами, но вы не знаете его технические функции. Это характерно для студентов, изучающих машины и оборудование для природообустройства и природопользования. Вначале приходится проводить структурный анализ, а затем определять для каждой части и элемента структуры (конструкции) технические функции – проводить функциональный анализ (анализ технических функций).

Реальная техническая функция проявляется только в период эксплуатации машины, а потенциальная функция соответствует всему вещественному жизненному циклу машины (от момента выхода из заводского конвейера до утилизации). При этом реальная техническая функция «подобна» кинетической энергии, а ремонт машины повышает потенциальную техническую функцию.

Масса машины учитывается с энергетическим эквивалентом  $1 \text{ кг} = 9 \cdot 10^{16} \text{ Дж}$ . Тогда  $D = MT$ , где  $D$  – действие;  $M$  – масса машины, кг;  $T$  – период реальной жизни машины.

С учетом времени ремонта дискретно увеличивается текущая масса, а с использованием диагностирования и технического обслуживания растет и срок жизни. Мероприятия по повышению надежности также увеличивают время, снижая массу. Поэтому период времени становится критерием оценки качества изготовления, технического обслуживания и капитального ремонта [9]. При этом масса и период становятся функциями от факторов  $\tau_h$ ,  $\tau_f$ ,  $\tau_c$ ,  $\tau_p$ , где  $\tau_h$ ,  $\tau_f$ ,  $\tau_p$  – время материализации идей, а также последующих при обновлении функциональных и параметрических изменений. Шкала времени  $\tau_c$  дает структурное исчисление конструкции машины [1].

*Материализация научно-технических идей.* Идеализация относится к организации знаний, т. е. к науке, к формированию научными методами идей как организованных мыслей. Процесс мате-

риализации идей, который является основой для теоретической технологии, рассмотрим подробнее (рис. 3).

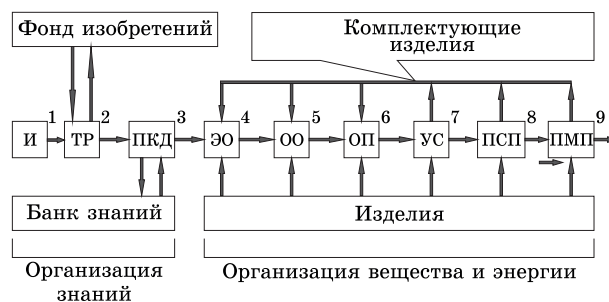


Рис. 3. Графическая схема процесса материализации идей: И – идея; ТР – техническое решение на уровне изобретения; ПКД – проектно-конструкторская документация; ЭО – экспериментальный образец; ОО – опытный образец; ОП – опытная партия; УС – установочная серия; ПСП – продукция серийного производства; ПМП – продукция массового производства; 1 ... 9 – шаги процесса материализации

Идея есть вид понятия. По существу идея является целенаправленной мыслью и исходным «планом» преобразования знания о прошлых и существующих машинах в новые знания ( $I_0 \rightarrow I_1$ ), а затем отображение новых знаний, полученных наукой, в новых устройствах – машинах ( $M_0 \rightarrow M_1$ ).

По линейной схеме, показанной на рис. 3, выделены два этапа синергизма: во-первых, процесс организации знаний приводит к упорядочению потоков вещества и энергии; во-вторых, организация потоков вещества и энергии происходит относительно информационных потоков.

Если учесть, что мысль есть фундаментальное сомнение, то идея, находясь в начале возникновения информационного потока ( $I \rightarrow ПМП$ ), становится «предметом» высокой вещественно-энергетической неопределенности. Множество идей является преобразованием психофизиологической энергии ученых. Носителем идей может быть, причем однозначно, только мыслящий человек – изобретатель машин. Коллектив участвует лишь в последующей «доводке».

На первом шаге материализации система «идея – мысль – понятие» становится техническим решением, оформленным по известным правилам в виде описаний



изобретений. Однако техническое решение может и не быть оформленным в виде заявки на предполагаемое изобретение, т. е. возникшие идеи могут быть загублены уже в самом начале процесса материализации знаний. Тем самым обществу будет нанесен значимый информационный ущерб. Это сегодня и происходит. Материализованная в описании изобретения техническая идея становится коммерческим продуктом (интеллектуальной собственностью в виде патента).

Если переход И – ТР объективен и не противоречит законам естествознания, то корректность дальнейших преобразований зависит от квалификации поведения конструктора и технолога (на шагах ТР – ПКД – ЭО), исследователя-машиноведа (на шагах ТР – ПКД – ЭО – ОО – ОП), экономиста (на шагах УС – ПСП – ПМП) и других заводских специалистов.

Рост численности специалистов подчиняется зависимости типа  $h^a$ , где  $h$  – номер шага материализации (по схеме на рис. 1);  $a$  – коэффициент интенсификации работ по мере продвижения идеи (облика новой машины) к продукции массового производства. Исходная идея всегда «созревает» в мозгу одного изобретателя, поэтому, например, при кубичном росте объемов работ получим численность условного персонала:  $1^3 + 2^3 + 3^3 + 4^3 + 5^3 + 6^3 + 7^3 + 8^3 + 9^3 = 2125$  человек на один вариант машины автономного типа.

От идеи до реализации число предметов убывает по экспоненциальной зависимости. Из опыта работы американских изобретателей известно следующее: чтобы получить одну промышленную реализацию в виде экспериментального образца, необходимо 60 технических решений, из которых остается 10 разных ПКД. Поэтому по этой статистике получим соотношение ТР : ПКД : ЭО : ОО = 60 : 10 : 2 : 1.

Если принять последовательность реализаций ТР (изобретения) – ... – ПМП, то вероятная численность материализованных идей подчиняется закону дискретного случайного процесса Маркова [4, 7]:

$$N_h = N_{h-1} \exp(-\mu_h v_h \xi_h \dots t_h),$$

где  $N_h$  – численность особей популяций  $h$  в возрасте  $\tau_h = \tau_{h-1} + \Delta\tau_h$ ;  $N_{h-1}$  – численность предыдущей

популяции (теоретически можно принять при  $h = 1$  значение  $N_0 = \infty$ , так как трудно представить мощность мозга изобретателя по конечной численности исходных неорганизованных мыслей);  $\mu_h$  – интенсивность отбора (вымирания) идей на каждом шаге  $h$  материализации, причем можно принять по закону Ципфа (в биологии)  $\mu_h = \mu_1^{-h}$ ;  $v_h, \xi_h, \dots$  – эмпирические коэффициенты, учитывающие соответственно влияние состояния технологии эксплуатации  $v_h$ , технологии машиностроения  $\xi_h$ , природные и иные факторы;  $t_h$  – период шага материального преобразования.

Устойчивая во времени существования человечества связь отмечается как закон энергоинформационного обмена, или как закон диалогического соответствия в науке и технике. Обмен между мыслью (идеями) и машиной происходит в процессах машиностроения, имеющего соответствующее оснащение в виде парка металлообрабатывающих и иных станков и оборудования к ним.

Информация понимается как мера взаимодействия, причем объектом этой меры может стать одно из многих взаимодействующих явлений (тел) или процессов (эффектов), а также внесистемный реальный объект или сложноорганизованное множество идей, т. е. знание.

Закон энергоинформационного обмена всегда проявляется через усложнение процесса системообразования, причем в соответствии с переходом типа «мысль – действие – результат». Процесс обмена может происходить только через микрокосмос духа и души человека, через кипение его мыслей как фундаментальных сомнений в реалиях науки и техники относительно всеобщего фона духовно-нравственных общечеловеческих ценностей.

Герхард Менш предложил описывать траекторию жизненного цикла технического способа производства  $S$ -образной логической кривой [1]. Момент слияния двух последовательных жизненных циклов Менш называет «технологическим патом», или, что точнее, «временем структурной перестройки машиностроения». Для модели  $S$ -кривой подходит следующая формула:

$$E = ar \exp(-rt) / [1 + \exp(-rt)]^{-2},$$

где  $E$  – отдача от технологии или вложенного в нее капитала;  $a$  – коэффициент пропорциональности;  $r$  – скорость приспособления общества к перестройке.

В России с конца XIX века были утрачены способности к минимизации технологических патов в машиностроении и во всей отечественной экономике.

1. Мазуркин П. М. Манипуляторные машины: учеб. пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 354 с.

2. Мазуркин П. М. Манипуляторные машины для ликвидации последствий природно-техногенных катастроф: Предотвращение, спасение, помощь: материалы научно-практической конференции. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. – С. 81–93.

3. Мазуркин П. М. Метод анализа функциональных структур технологических комплексов природопользования: метод. пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. – 56 с.

4. Мазуркин П. М. Метод синтеза функциональных структур технологических комплексов природопользования: метод. пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. – 64 с.

5. Грязин В. А. Нагруженность подъемно-транспортных машин в режиме выполнения технологических операций // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 7. – С. 30–32.

6. Грязин В. А., Багаутдинов И. Н. Оценка энергоемкости работы валочно-пакетирующих машин // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2008. – Вып. 185. – С. 109–115.

7. Грязин В. А. Энергоемкость как

фактор производительности валочно-трелевочных машин // Лесной журнал. – 2009. – № 2. – С. 54–58.

8. Мазуркин П. М. Моделирование характеристик двигателей // Лесной журнал. – 1999. – № 4. – С. 64–69.

9. Мазуркин П. М., Сабанцев Ю. Н. Анализ выпуска, наличия и списания лесозаготовительных машин // Строительные и дорожные машины. – 1998. – № 10. – С. 38–41.

10. Мазуркин П. М., Сабанцев Ю. Н. Производительность комплексов лесосечных машин // Строительные и дорожные машины. – 1999. – № 10. – С. 10–12.

11. Сабанцев Ю. Н., Мазуркин П. М. Влияние топливеемкости на производительность комплексов лесосечных машин // Строительные и дорожные машины. – 1999. – № 12. – С. 40–42.

12. Сабанцев Ю. Н., Мазуркин П. М. Влияние энергоемкости на производительность комплексов лесосечных машин // Строительные и дорожные машины. – 1999. – № 11. – С. 27–28.

Материал поступил в редакцию 13.10.11.

*Мазуркин Петр Матвеевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Природообустройство»*  
Тел. 8 (8362) 68-60-11

*Грязин Владимир Альбертович, кандидат технических наук, доцент*  
Тел. 8 (8362) 68-60-51

*E-mail: kaf\_po@mail.ru*