

Бердонос В.Д.
ЗАКОН ПОЛНОТЫ ЧАСТЕЙ СИСТЕМЫ: МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Бердонос В.Д.
V.D. Berdonosov

ЗАКОН ПОЛНОТЫ ЧАСТЕЙ СИСТЕМЫ: МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

THE LAW OF SYSTEM COMPLETENESS: METHODOLOGY ASPECTS



Бердонос Виктор Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент, профессор Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (г. Комсомольск-на-Амуре). E-mail: ktriz@knastu.ru.

Mr. Victor D. Berdonosov – PhD in Engineering, Associate Professor, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur). E-mail: ktriz@knastu.ru.

Аннотация: рассматриваются некоторые аспекты оценки работоспособности системы в соответствии с законом полноты частей системы. Отмечается, что оценка работоспособности основных элементов системы может быть сделана путём оценки идеальности этих элементов. Кроме того, указывается, что для оценки работоспособности всей системы помимо достаточной идеальности самих элементов не должно быть недопустимого негативного влияния одних элементов на другие. Предлагается получать искомую оценку идеальности по квадранту, в который «попадает» оцениваемый элемент в бинарном пространстве «польза-затраты». Приводится пример, иллюстрирующий предлагаемую методику оценки работоспособности системы.

Summary: Several aspects of system performance assessment in accordance with the Law of system completeness in technical, information and economic systems are considered. It is suggested that performance evaluation of some basic system parts can be made by assessing the ideality of these components. Besides it is noted that for system health assessment as a whole, in addition to sufficient component ideality there should not be any unacceptably negative impact of one component on the other. Moreover, ideality is suggested to be estimated by a quadrant where the analyzed element falls into a binary “advantage-expenses” space. An example is provided of the proposed methodology for assessing the health of a system.

Ключевые слова: закон полноты частей системы, работоспособность элементов системы, зависимость параметров элементов.

Keywords: the law of system completeness, system part functionality, parameter interrelation of system components.

УДК 681.5

Введение

Закон полноты частей системы был предложен Г. Альтшуллером в его первой редакции законов развития технических систем [1]. Этот закон определяет жизнеспособность системы в момент своего рождения. Жизнеспособность системы характеризуется работоспособностью её элементов. Но как определить уровень этой работоспособности? Особенно сложен этот вопрос для пионерских систем. Влияют ли одни элементы на работоспособность других? И если влияют, то как? Попробуем ответить на эти вопросы.

ЗПЧС – слово Альтшуллеру

«Каждая новая техническая система сдает экзамен [2]. Принимает экзамен очень строгая «комиссия» - жизнь, практика. «Комиссия» придирчиво расспрашивает: «Что это такое? Ах, двигатель! Посмотрим, как он работает в этой системе... Что ж, удовлетворительно, ста-

вим тройку. А это что такое? Передача от двигателя к рабочему органу? Прекрасная передача, запишем пятерку. А где органы управления? Как, всего две кнопки?! А если изменились условия работы? А если авария? Придется поставить двойку...».

Правило у «комиссии» такое: проходят только те системы, у которых нет двоек. Есть ли пятерки и четверки, много ли набрано баллов – все это не имеет значения. Нужно только, чтобы подсистемы умели работать коллективно, пусть даже на тройку. Как ни странно, почти все современные технические системы были вначале троечниками. У первого парохода была очень слабая и невероятно прожорливая паровая машина, передача от двигателя к гребням колес съедала значительную часть энергии, да и сами колеса работали неважно. Но и в таком виде система подавала великие надежды, потому что сочетание было удачным, все части работали пусть неумело, но дружно.

Техническая система – как ансамбль музыкантов, как спортивная команда – хороша только тогда, когда все части играют согласованно, слаженно, подыгрывая друг другу. Поэтому усилия изобретателей сначала направлены на то, чтобы найти «формулу системы» – удачное сочетание частей. Это первый этап в жизни системы».

И здесь уже сразу появляются вопросы. В каком случае мы ставим элементу системы тройку или более высокую оценку, а в каком двойку?

Ансамбль музыкантов?!

Рассмотрим в качестве примера самолёт. Известно, что для того, чтобы самолёт летал, ему нужны крылья. Но неподвижные крылья летать не могут, их нужно толкать по воздуху, для этого нужен двигатель, но двигатель напрямую на крылья не воздействует, поэтому нужна трансмиссия, то есть корпус. Ну и, конечно, ещё нужен орган управления. Следовательно, самолёт должен иметь: крылья, корпус, двигатель и устройства управления (ручку газа, рычаги управления рулём высоты и рулём направления). Как определить, полетит система, имеющая такой набор элементов, или не полетит?

Возьмём два конкретных технических объекта: самолёт братьев Райт (см. рис. 1, а) и самолёт контр-адмирала Можайского (см. рис. 1, б). Ведь мы рассматриваем этап рождения системы, поэтому и взяли этих первенцев для примера.

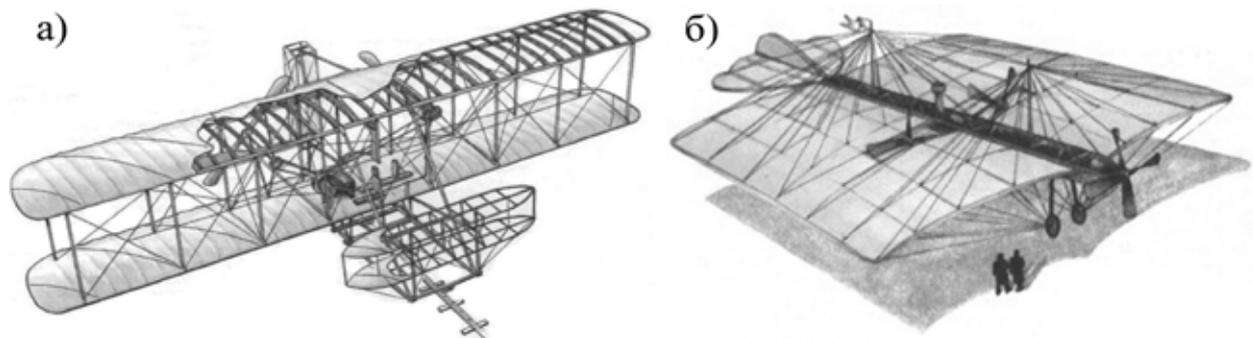


Рис. 1. Самолёты братьев Райт (а) и Можайского (б)

Как известно, один самолёт полетел, а второй только подпрыгивал на несколько метров [3]. Какие же элементы получили неудовлетворительные оценки во втором случае и почему? То есть, более правильный вопрос: по какому критерию (критериям) оценивать элементы системы? В ТРИЗе есть такой критерий – это идеальность, так как каждый элемент можно рассматривать как отдельную систему, которая прошла уже некоторый путь развития и обладает идеальностью. Рассматривая идеальность элементов, нужно иметь в виду, что эти элементы предназначены для создания конкретной системы, в нашем случае – самолёта. Для элементов автомобиля будут другие критерии, а для подводной лодки – третьи и так далее,

то есть, должен быть «ансамбль музыкантов». Для самолёта таким критерием является «лёгкость», для автомобиля – «доступность по цене», для подводной лодки – «безопасность» и так далее.

Итак, первый элемент, который мы начнём рассматривать – это конечно рабочий орган. В нашем случае это крыло. Главная полезная функция крыла – создавать подъёмную силу. Дополнительная функция – менять геометрию для обеспечения устойчивого положения самолёта в воздухе. Посмотрим, как обстоят дела по реализации этих функций у крыла одного и другого самолёта. Подъёмная сила крыла определяется в первую очередь профилем крыла: у плоского крыла (аналог воздушный змей) подъёмная сила меньше, чем у крыла, имеющего выпуклый профиль (см. рис. 2). Ко времени изобретения самолёта этот факт был уже известен и проверен на планерах.



Рис. 2. Профиль крыла

Сразу отметим, что крылья самолёта братьев Райт имели выпуклый профиль [7, 8], а крылья самолёта Можайского были непрофилированными [5, 6], их даже плоскими назвать нельзя было, так как они были такими большими, что конструктивно выполнить их профилированными с тем набором конструкционных материалов было невозможно.

Следующая функция – менять геометрию. Для реализации этой функции братья Райт сразу заложили возможность изгибать крыло, чтобы обеспечить возможность восстанавливать горизонтальную устойчивость самолёта при порывах ветра. То есть, эти крылья имели возможность управляться. Крылья самолёта Можайского такой возможности не имели.

Перейдём к рассмотрению следующего элемента – двигателя. Сразу следует оговориться, что двигатель будет рассматриваться совместно с движителем (воздушным винтом). Полезная функция двигателя: создавать тягу для перемещения самолёта относительно воздуха. Какими параметрами можно характеризовать эту функцию? Мощностью двигателя, удельной мощностью (отношение мощности к весу), КПД (коэффициентом полезного действия). Двигатели рассматриваемых двух самолётов были принципиально различны. Братья Райт использовали двигатель внутреннего сгорания мощностью 12 л.с., весом не более 200 фунтов (90,8 кг) [7]. Можайский использовал два паровых двигателя: один мощностью 20 л.с., весом 47,6 кг; второй мощностью 10 л.с., весом 28,6 кг. Оба двигателя работали от прямого парового котла весом 64,5 кг [6]. Сведём параметры двигателей в табл. 1.

Таблица 1

Параметры двигателей

	бр. Райт	Можайский
Мощность (л.с.)	12	20 + 10
Вес (кг)	90,8	47,6 + 28,6 + 64,5
Удельная мощность (л.с./кг)	0,13	0,21

По табл. 1 видно, что и по мощности, и по удельной мощности двигатель, установленный на самолёт Можайского, выигрывал, а вот самолёт не взлетел. Причём все исследователи в первую очередь винят именно двигатель, в частности его большой вес, в том, что самолёт не взлетел. Таким образом, решающим оказался не параметр пользы (мощность), а затратный параметр (вес) этого элемента (двигателя). Но этот затратный параметр недопустимо понизил идеальность не двигателя, а идеальность всей системы, через идеальность другого элемента – крыла. Поясним это. Для того чтобы поднять такой тяжёлый двигатель, нужна большая подъёмная сила; для получения большой подъёмной силы нужны большие кры-

ля, но большие крылья и неэффективны, и неуправляемы, и тяжёлы. Следует иметь в виду, что такое качество больших крыльев было обусловлено недостатками их конструкции и конструкционными материалами того времени. Можно констатировать, что существовало противоречие, которое не было разрешено.

Таким образом, получается, что для правильного анализа необходимо оценивать идеальность не только отдельных элементов системы, но и идеальность их совокупности, то есть всей системы. Учесть это можно, введя оценки воздействия одних элементов системы на другие элементы.

Как же получить оценки идеальности? Это сейчас, спустя столетие, очень легко рассуждать, что хорошо, а что плохо. Но ведь и сейчас тоже рождаются технические системы, и очень важно знать, какой элемент системы является тем «бутылочным горлышком», который мешает системе отправиться в «счастливую жизнь». При оценке элементов новой системы у изобретателей, как правило, нет образца для сравнения. Все оценки носят экспертный характер. Несомненно, любая оценка должна базироваться на идеальности. То есть должны учитываться как польза, так и затраты. Предлагается использовать простейшую графическую модель: по вертикальной оси откладывается польза, по горизонтальной – затраты. Квадрант оценки идеальности элемента определяется соотношением пользы и затрат, этот квадрант заштриховывается.

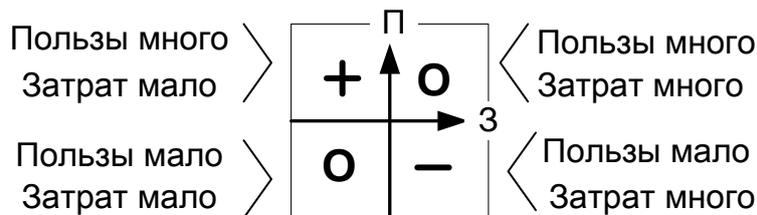


Рис. 3. Графическое представление оценки идеальности

Для оценки идеальности всей системы предлагается формировать таблицу, по строкам которой располагаются оценки элементов системы и взаимодействий между ними.

Таблица 2
Оценка идеальности всей системы

	РО	Тр	Дв	ОУ
РО				
Тр				
Дв				
ОУ				

Оценки идеальности в ячейках табл. 2 имеют следующий смысл. По диагонали располагаются оценки идеальности соответствующих элементов системы. В ячейках, расположенных вне диагонали, оценки воздействия одного элемента на другой. Например, оценка влияния двигателя на рабочий орган будет располагаться в первой ячейке третьей строки.

Посмотрим, как выглядят матрицы оценок для рассматриваемых самолётов.

а)	РО	Тр	Дв	ОУ
РО				
Тр				
Дв				
ОУ				

б)	РО	Тр	Дв	ОУ
РО				
Тр				
Дв				
ОУ				

Рис. 4. Оценка идеальности самолёта бр. Райт (а) и самолёта Можайского (б)

Прокомментируем заполнение ячеек этой таблицы (см. рис. 4).

Крылья (РО) самолёта бр. Райт – большая подъёмная сила, малый вес (~ 60 кг), оценка идеальности – «+». Бр. Райт специально построили аэродинамическую трубу и в ней испытали около двухсот моделей крыльев с разными профилями, выбрав профиль с максимальной подъёмной силой.

Двигатель (Дв) – небольшая мощность (12 л.с.), небольшой вес (90,8 кг), оценка идеальности – «0».

Орган управления – минимальное количество, простота монтажа, оценка идеальности – «0».

Корпуса (Тр) у самолёта бр. Райт практически не было, поэтому идеальность его не оценивалась.

Воздействия, с точки зрения влияния на идеальность, одних элементов на другие не ощущались, поэтому внедиагональные элементы не оценивались.

Перейдём к оценкам идеальности элементов самолёта Можайского.

Крылья (РО) – маленькая подъёмная сила, большой вес (~ 60 кг), оценка идеальности – «-».

Корпус (Тр) – прочный корпус в виде лодки, большой вес, оценка «0».

Двигатель (Дв) – большая мощность (в сумме 30 л.с.), большой вес (в сумме 140,7 кг), оценка «0».

Органы управления (ОУ) – большое количество, сложные в монтаже, оценка «0».

Просматривая влияние одних элементов на другие, видим, что двигатель сильно «влияет» на крылья; большой вес двигателя требует большой подъёмной силы от крыльев, оценка «-».

Перейдём к определению интегральной оценки идеальности всей системы, для этого воспользуемся максиминным критерием (критерий максимального пессимизма). В соответствии с этим критерием у альтернативных систем берутся наихудшие (минимальные) параметры, и выигрывает та система, у которой её наихудший параметр лучше (максимальнее) наихудших параметров остальных систем. Мы возьмём только первую часть максиминного критерия, то есть для каждой системы будем брать наихудшие значения идеальности, и если это значение не «-», то система работоспособна (самолёт полетит), а если хотя бы одна оценка равна «-», то неработоспособна (самолёт не полетит). Из рис. 4 видно, что у самолёта бр. Райт нет ни одной оценки «-», а у самолёта Можайского две оценки «-», следовательно, самолёт бр. Райт жизнеспособен и будет летать, а самолёт Можайского нет. Этот вывод, кстати, подтверждают и полномасштабные, аэродинамические исследования модели самолёта Можайского в ЦАГИ [4].

Выводы

Предложена методика оценки работоспособности элементов системы, основанная на анализе идеальности не только самих элементов, но и взаимодействия между ними, причём идеальность предлагается оценивать по квадранту, в который попадает оцениваемый элемент в бинарном пространстве «польза-затраты».

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтшуллер, Г.С. Творчество как точная наука / Г.С. Альтшуллер. – М.: Советское радио, 1979. – 208 с.
2. Альтов, Г.С. И тут появился изобретатель / Г.С. Альтов. – М.: Детская литература, 1989. – 146 с.
3. Бурмистров В. Неизвестное об известных. Событие века – полет человека http://www.westeasttoronto.com/scgi-bin/news_reader/read_article.pl?articleID=1780 03.07.2007.
4. Ковтун, А. Кто первый? / А. Ковтун // Родина. – 2004. – № 8.
5. Можайский, Александр Фёдорович. Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki / Можайский,_Александр_Фёдорович](http://ru.wikipedia.org/wiki/Можайский,_Александр_Фёдорович)
6. Строителев, К.С. Русский моряк А.Ф. Можайский – изобретатель первого в мире самолета <http://www.navy.ru/history/b-mozhaisky.htm>
7. Robert Q. Riley One Hundred Years After the Wright Brothers' Conquest of the Air <http://www.rqriley.com/wrights.htm>
8. The History of the Airplane Part 3: The Wright Brothers - First Flight http://inventors.about.com/library/inventors/bl_wright_brothers.htm