

УДК 303.732

**ОБЩИЙ КЛАССИФИКАТОР СИСТЕМНЫХ ПРОБЛЕМ.  
Часть II: РАСШИРЕННАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ**

**Ю.И. Лобановский**

*ПАО «Корпорация «Иркут», Москва 125315, Россия  
@Автор для переписки, e-mail: streamphlow@gmail.com*

Проведена верификация верхнего уровня общего классификатора системных проблем, представленного в I части работы. Рассмотрено 60 известных из истории технических проектов, природных и общественных процессов, завершившихся неудачно – провалами, авариями и катастрофами. Они были взяты из литературы, содержащей сведения о 23 «знаменитых неудачах» и многочисленных экологических коллапсов, произошедших с различными человеческими сообществами. Остальные примеры подобраны практически случайным образом из бесконечного списка неудач, известных в истории, так, чтобы на каждый из 6 разделов рассматриваемого классификатора приходилось по 10 примеров. Все они размещены на структуре предлагаемого классификатора. Не выявлено ни одного проекта, события или процесса, которые не могли бы найти там свое естественное место. Таким образом, структура верхнего уровня общего классификатора системных проблем, состоящая из 6 элементов, является вполне адекватной для классификации любых систем, функционирование которых может привести к инцидентам, авариям или катастрофам.

**Ключевые слова:** проблема, классификация, системная инженерия, требования, валидация, верификация.

**GENERAL CLASSIFIER OF SYSTEM PROBLEMS - II:  
EXTENDED VERIFICATION**

**Yu.I. Lobanovsky**

*Irkut Corporation, Moscow, 125315, Russia  
@Corresponding author e-mail: streamphlow@gmail.com*

The upper level of a general classifier of system problems was verified in this work. We examined 60 well-known technical projects, natural and social processes that ended in failure – crashes, accidents and disasters. These examples were taken from papers (where 23 "famous failures" are cited), which describe the numerous ecological collapses that occurred with different human communities, and the remaining examples were taken almost randomly from

an endless list of failures known in history, so that each of 6 sections of the classifier under consideration had 10 examples.

**Keywords:** problem, classification, system engineering, requirements, validation, verification

### Введение

Данная публикация является продолжением работы<sup>1</sup>, в которой описывались этапы построения общего классификатора системных проблем. В соответствии с принципами системной инженерии в настоящей статье дана расширенная верификация полученной классификационной структуры и продемонстрировано, что она является непротиворечивой, полной и правильной. Это подтверждается размещением в ней всех рассматривавшихся объектов или явлений, которые привели к инцидентам, авариям или катастрофам. Важно подчеркнуть, что не найдено проблемных объектов или явлений, которые не могли бы быть там размещены.

### Верификация требований (второй этап)

Для доказательства правильности и полноты структуры классификатора рассмотрим 60 технических проектов, природных и общественных процессов, завершившихся неудачно. Семь из них уже использовались на первом этапе верификации [1]. Кроме того, 23 «знаменитые неудачи» взяты из работы [2] и еще 4 – выбраны из книги [3], как самые яркие. 26 оставшихся взяты практически случайным образом из бесконечного списка неудач, известных в истории, таким образом, чтобы на каждый из 6 классификационных разделов<sup>1</sup> приходилось по 10 примеров. По нашему мнению, такое их количество достаточно для окончательной верификации требований, при условии, что не будет найдено никаких примеров, которые нельзя было бы не разместить в рассматриваемой структуре классификатора общих системных проблем.

Чтобы обеспечить компактность представления результатов анализа, воспользуемся табличной формой. Событие, процесс или явление, завершившееся инцидентом, аварией или даже катастрофой, описано в первом столбце таблиц; во втором столбце указан год инцидента или примерные временные границы процесса; в третьем – кратко описана причина произошедшего и дана ссылка, по которой можно более подробно изучить это событие. Нередко в качестве причины принимается объяснение, указанное в приведенной ссылке, за исключением тех случаев, когда оно очевидно является негодным, что, по мнению автора, имеет место при описании нескольких эпизодов в работе [2] (особенно это относится к Чернобыльской катастрофе, где причина, по существу, не называется). Предположим, что причины всех инцидентов из каждой таблицы укладываются в раздел классификатора, названный в ее заголовке.

Сначала исследуем раздел классификатора а) «Несистемность (отсутствие системного подхода) – неконтролируемое, и, следовательно, неблагоприятное влияние компонент объекта/процесса на их функционирование (внутренний хаос)» (табл. 1).

Представляется, что все инциденты, к которым привел несистемный подход при их разработке и создании, вполне понятны даже при таком кратком их описании. Отметим,

---

<sup>1</sup>Лобановский Ю.И. Общий классификатор системных проблем. Часть I: Анализ, синтез, валидация и верификация // Российский технологический журнал. 2018. Т. 6. № 4. С. 5–12.

что, несмотря на всё развитие системной инженерии, крупные неудачи, связанные с несистемностью инженерных разработок, не прекращаются, и, по всей видимости, их частота во времени в последние десятилетия не уменьшается.

Таблица 1. Несистемность

Событие/процесс/явление	Год(ы)	Причина
Гибель «Титаника»	1912	Использование теряющих прочность на холоде заклепок крепежа внешних листов корпуса судна, что привело к образованию недопустимо больших пробоин в нем после скользящего удара лайнера «Титаник» об айсберг [2].
Заккрытие советской лунной программы	1962–1974	Отработка подсистем лунной ракеты-носителя в целом не на наземных стендах, а путем ее «отстрела», что не позволило довести эту систему до работоспособного состояния [1].
Авария на «Аполлоне-13»	1970	Изменение параметров нагревателя кислородного бака без соответствующего изменения его документации [2].
Взрыв спейс шаттла «Челленджер»	1986	Ошибочная конструкция стыков секций твердотопливных ускорителей, собираемых на космодроме, не обеспечивающая герметичность соединения, особенно, на холоде [2, 4].
Взрыв ракеты-носителя «Ариан 5»	1996	Использование программного обеспечения предыдущей модели носителя без переработки и верификации [2].
Отказ спутника наблюдения за земной поверхностью	1997	Использование дефектного программного обеспечения в модуле ориентации [2].
Катастрофа аппарата для изучения климата Марса	1999	Использование разных единиц измерения производителем аппарата и организацией, им управлявшей [2].
Катастрофа аппарата для посадки на полюс Марса	2000	Не проведение испытаний двигательной системы аппарата в его посадочной конфигурации [3].
Перепроектирование электросистемы аэробуса A-380	2000–2006	Использование различных не стыкующихся между собой версий системы автоматизированного проектирования САПР разными подразделениями компании Airbus <sup>2</sup> .
Заккрытие американской лунной программы «Созвездие»	2004–2010	Сознательное нарушение системности разработки ракет-носителей в целях экономии [1].

Теперь перейдем к разделу классификатора б) «Негативная эмерджентность – непознанное или не учитываемое проектантами/исследователями из-за сложности анализа неблагоприятное взаимодействие подсистем рассматриваемой системы, приводящее к ее разрушению» (табл. 2).

Непосредственных разработчиков неудавшейся системы в случае негативной эмерджентности обычно нельзя винить в произошедшем, так как катастрофы такого типа связаны с процессами, которые были им просто неизвестны. При этом теоретическое или, по крайней мере, эмпирическое понимание этих процессов возникает после проведения научно-исследовательских работ, инициированных именно указанными катастрофами. Подобные причины возможных в будущем инцидентов следует перевести из раздела «Негативная эмерджентность» в раздел «Несистемность», и только тогда разработчики должны в полной мере нести ответственность за свою некомпетентность. Интересно отметить, что в 5 из 10 рассмотренных случаев инциденты связаны с разными видами автоколебаний – видимо, такие положительные обратные связи являются очень сложно выявляемыми до тех пор, пока сами не проявятся неожиданно для всех, кто имеет

<sup>2</sup>Wong K. What grounded the Airbus A380? [Электронный ресурс] / Cadalist, December 6, 2006. – Режим доступа: <http://www.cadalist.com/management/what-grounded-airbus-a380-5955>, свободный. – Загл. с экрана.

Таблица 2. Негативная эмерджентность

Событие/процесс/явление	Год(ы)	Причина
Засоление Междуречья Тигра и Евфрата	560-е гг. до н. э.	Использование методов мелиорации, пригодных в Египте, но непригодных в Междуречье [5].
Введение христианства на Руси и подрыв ее экспорта	988	Прекращение полюдья (ежегодных походов князей по окрестным территориям для сбора важнейшего товара русского экспорта – славянских рабов) из-за трудностей сбыта христиан собратьям по вере <sup>3</sup> .
Флаттер крыла самолета	1930–1945	Разрушительные автоколебания крыльев самолетов вследствие возникновения положительной обратной связи между их аэродинамическими и инерционными характеристиками <sup>4</sup> .
Взрывы ракетных двигателей	1930–1985	Возникновение высокочастотных автоколебаний в камерах сгорания жидкостных ракетных двигателей в процессе сгорания топлива <sup>5, 6</sup> .
Шимми носового колеса самолета	1939–1945	Автоколебания самоориентирующегося носового колеса самолета вследствие возникновения положительной обратной связи между его опорными и инерционными характеристиками [6].
Разрушение Такомского моста	1940	Разрушительные изгибно-крутильные автоколебания Такомского подвесного моста вследствие возникновения положительной обратной связи между его ветровыми и инерционными характеристиками <sup>4</sup> [2].
Затягивание в пикирование на околозвуковых скоростях полета	1943–1947	Смещение фокуса крыла самолета назад при приближении скорости полета к скорости звука [7].
Перепроектирование ракет-носителей для уменьшения их размеров	1960–2017	Ограничение размеров гигантских ракет-носителей вследствие быстрого и нелинейного увеличения акустических нагрузок при росте их масштабов <sup>7</sup> .
Чернобыльская катастрофа	1986	Паровой взрыв ядерного реактора из-за положительной реактивности его активной зоны при вскипании водяного теплоносителя [2, 8].
Саянская катастрофа	2009	Разрушительные автоколебания напорной системы Саяно-Шушенской ГЭС вследствие возникновения между ее гидродинамическими и энергетическими характеристиками положительной обратной связи [1].

отношение к системе с негативной эмерджентностью. Вдобавок, события «затягивание в пикирование» и «Чернобыльская катастрофа» также были вызваны процессами с положительной обратной связью, но развивавшимися достаточно монотонно, без заметных колебаний. Такие процессы обычно называют автокаталитическими.

Рассмотрим раздел с) «Внутренний ресурсный тупик – ограничение возможностей хотя бы одной из подсистем (ее характеристики не соответствуют требованиям, предъявляемым к ней системой), и это ограничение невозможно преодолеть внутри данной подсистемы» (табл. 3). Этот

<sup>3</sup>Мовчан А. Экономические истории. Часть 1. Как рабы разорили Русь [Электронный ресурс] // Сноб. 2014. – Режим доступа: <https://snob.ru/selected/entry/75126>, свободный. – Загл. с экрана.

<sup>4</sup>Кузьмина С., Карклэ П. Эолова арфа, самолеты и мосты [Электронный ресурс] // Наука и жизнь. 2009. № 5. – Режим доступа: [http://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\\_biblioteka/430811](http://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/430811), свободный. – Загл. с экрана.

<sup>5</sup>Валье Макс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Валье,\\_Макс](https://ru.wikipedia.org/wiki/Валье,_Макс), свободный. – Загл. с экрана.

<sup>6</sup>ЖРД РД-170 (11Д521) и РД-171 (11Д520) [Электронный ресурс] // НПО Энергомаш. – Режим доступа: <http://www.lpre.de/energomash/RD-170/index.htm>, свободный. – Загл. с экрана.

<sup>7</sup>Разбор критики Interplanetary Transport System [Электронный ресурс] // Geektimes, 2017. – Режим доступа: <https://geektimes.ru/post/293541/>, свободный. – Загл. с экрана.

Таблица 3. Внутренний ресурсный тупик

Событие/процесс/явление	Год(ы)	Причина
Неудача с нацистской ядерной бомбой	1939–1945	Использование в качестве замедлителя исключительно тяжелой воды, не имевшейся в Германии в нужном количестве, вследствие ошибки Боте из-за его экспериментов с графитом, загрязненным бором, который является сильнейшим поглотителем нейтронов [9].
Невозможность боевого применения первого термоядерного устройства «Айви Майк»	1952	Невозможность боевого применения этого устройства была вызвана использованием дейтерия в жидком криогенном виде, а не в виде твердого соединения с литием, как в последующих термоядерных зарядах <sup>8</sup> .
Взрывы ракет-носителей с большим числом двигателей	1969–1981	Большая вероятность аварии на старте в связи с недостаточной надежностью ракетных двигателей <sup>9</sup> [1, 10]. Проблема решена в 2018 году.
Провал проекта РСjг компании IBM – предшественника ноутбуков	1983	Слишком малый размер клавиатуры [2]. Проблема была решена при создании современных ноутбуков.
Закрытие программы малозаметного палубного штурмовика А-12	1983 – 1990	Невозможность создать внешние обводы, удовлетворяющие как аэродинамическим требованиям, так и требованиям малой заметности. Невозможность создания покрытия самолета, устойчивого к воздействию морской воды <sup>10</sup> [1].
Массовый выход из строя холодильников компании GE с турбокомпрессорами	1986	Недолговечность ротора турбокомпрессора, выполненного для снижения затрат методом порошковой металлургии [2].
Отказ от экранопланов	1991	Невозможность создать крыло, одновременно и узкое (аэродинамически эффективное), и широкое (обеспечивающее необходимую высоту для полета с экранным эффектом над неровной поверхностью) <sup>11</sup> [11].
Неудача с проектом «Биосфера-2»	1991–1994	Неконтролируемое размножение микроорганизмов, что привело к непрерывному снижению содержания кислорода в атмосфере комплекса «Биосфера-2» и разрушению его экосистемы <sup>12</sup> .
Гибель спейс шаттла «Колумбия»	2002	Недостаточная прочность вспененного покрытия внешнего топливного бака, что привело к повреждению передней кромки крыла аппарата и его гибели при возвращении на Землю <sup>13</sup> [2].
Отказ от твердотопливной пилотируемой ракеты-носителя Ares-1	2010	Недопустимо большие для пилотируемого носителя вибрации при работе его твердотопливного ракетного двигателя <sup>14</sup> .

раздел классификатора был выявлен только при полноценном системном подходе к структурированию системных проблем и никак не проявился при эмпирическом рассмотрении проблем, обративших на себя внимание на тот момент. Однако после выделения этого раздела классификатора легко обнаружилось запланированные 10 примеров для его наполнения.

<sup>8</sup>Ivy Mike [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Ivy\\_Mike](https://en.wikipedia.org/wiki/Ivy_Mike), свободный. – Загл. с экрана.

<sup>9</sup>OTRAG [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/OTRAG>, свободный. – Загл. с экрана.

<sup>10</sup>Котов М. Лучший военный распил двадцатого века [Электронный ресурс] // Warhead, 2018. – Режим доступа: [https://warhead.su/2018/01/05/luchshiy-voennyu-raspil-dvadsatogo-veka?utm\\_source=warfiles.ru](https://warhead.su/2018/01/05/luchshiy-voennyu-raspil-dvadsatogo-veka?utm_source=warfiles.ru), свободный. – Загл. с экрана.

<sup>11</sup>Советский ударный экраноплан «Лунь»: история создания, описание и технические характеристики [Электронный ресурс] // MilitaryArms.ru. – Режим доступа: <https://militaryarms.ru/voennaya-texnika/aviaciya/lun/>, свободный. – Загл. с экрана.

<sup>12</sup>Биосфера-2: неудавшийся эксперимент создания замкнутой экосистемы [Электронный ресурс] // Родовид, 2016. – Режим доступа: <https://rodovid.me/ecoposelenia/biosfera-2-neudachnyu-eksperiment-sozdaniya-zamknutoy-ekosistemy.html>, свободный. – Загл. с экрана.

<sup>13</sup>Space Shuttle Columbia disaster [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Space\\_Shuttle\\_Columbia\\_disaster](https://en.wikipedia.org/wiki/Space_Shuttle_Columbia_disaster), свободный. – Загл. с экрана.

<sup>14</sup>Klamper A. NASA Finalizes Ares 1 Vibration Fix [Электронный ресурс] // SpaceNews, 2009. – Режим доступа: <http://spacenews.com/nasa-finalizes-ares-1-vibration-fix/>, свободный. – Загл. с экрана.



Данная причина системных проблем легко структурируется далее (если это потребуется) с разделением на проблемы подсистем, которые:

- принципиально не могут быть решены в рамках данной системы (примером является крыло экраноплана, табл. 3);
- решаются заменой подсистемы на более подходящую (первым потенциально боевым твердофазным термоядерным зарядом с дейтеридом лития – так называемой «лидочкой», стала «слойка» Сахарова уже в 1953 году<sup>15</sup>);
- решаются повторным появлением прежних подсистем на более высоком уровне развития технологии (ракета-носитель «Falcon Heavy» с 27 работающими двигателями на старте, ноутбуки, малозаметные палубные самолеты типа F-35C).

Заметим, что внутренний ресурсный тупик как причина экологических проблем не была зафиксирована в книге [3], несмотря на десятки примеров коллапсов древних и современных человеческих сообществ. И это, по-видимому, вполне объяснимо: наличие внутреннего ресурсного тупика либо не позволяет системе возникнуть вообще, либо приводит к прекращению ее развития и быстрой гибели. Если что-то подобное происходило на уровне экологии ранее, то никаких заметных следов в истории не оставило. Только неудача эксперимента, проведенного на наших глазах – «Биосферы-2», дала экологический пример внутреннего системного ресурсного тупика.

Перейдем к разделу классификатора d) «Несистемность на надсистемном уровне – неблагоприятное влияние факторов существующего окружения на функционирование системы (неблагоприятный интерфейс системы)» (табл. 4).

Отметим здесь только то, что советские гидроэнергетики, спроектировав Асуанскую плотину на Ниле, как бы «отомстили» египетским мелиораторам за засоление ими Междуречья (см. табл. 2), также оказавшись в положении пришельцев, не вполне осознающих местные условия. При этом последний по времени казус отнесен не к негативной эмерджентности, а к несистемности интерфейса, потому что для гидроэнергетиков система всего хозяйства Египта не является тем, из чего они должны были исходить при проектировании ГЭС. Вышеуказанным процессом должен был бы заниматься какой-то более высокий государственный орган, которого в наличии, как следует из всего произошедшего, не оказалось, хотя было общеизвестно, что движение плодородного ила из верховьев реки вниз по течению в ее дельту – житницу страны обеспечивало урожаи в Египте в течение 5 тысяч лет. Вряд ли требовалось проводить серьезные научные изыскания для понимания того, что выключение этого природного конвейера не является хорошим проектным решением. Асуанская плотина – довольно явный пример очевидной несистемности (то есть головотяпства, как любили формулировать в Советском Союзе) на надсистемном уровне.

Таким образом, несмотря на развитие системной инженерии в последние десятилетия, ошибки, связанные с несистемностью инженерных разработок на системном и на надсистемном уровнях, не прекращаются, и их постоянно продолжают совершать, в том числе, и лидеры в системной инженерии – NASA и Airbus.

---

<sup>15</sup>Горелик Г. «Лидочка Гинсбург» и другие термоядерные идеи [Электронный ресурс] // Наука и жизнь. 2010. № 3. – Режим доступа: [http://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\\_biblioteka/431002/Lidochka\\_Ginzburg\\_i\\_drugie\\_termoyadernye\\_idei](http://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/431002/Lidochka_Ginzburg_i_drugie_termoyadernye_idei), свободный. – Загл. с экрана.

Таблица 4. Несистемность на надсистемном уровне

Событие/процесс/явление	Год(ы)	Причина
Советские предвоенные истребители	1939–1941	Неверные представления о характере боевых действий в будущей воздушной войне, которые привели в ее начале к неадекватной структуре истребительной авиации [1].
Легкий одномоторный бомбардировщик Су-2	1941	Невозможность эффективных действий в условиях господства в воздухе вражеской авиации, что привело к быстрому прекращению его производства <sup>16</sup> .
Баллистическая ракета V-2	1942–1945	Отвлечение на разработку, создание и боевое применение ресурсов, которые могли бы быть использованы на производство значительно более эффективных в войне видов оружия [12].
Коммерческий провал автомобиля «Edsel» компании Ford	1957–1959	Восьмилетние (с 1948 по 1956 год) разработки компанией Ford престижного массового автомобиля среднего класса, которые привели к созданию «пожирателя бензина», не пользовавшегося спросом на рынке [2].
Асуанская плотина и озеро Насер	1960–1970	Асуанская плотина, образовав озеро Насер, перекрыла ежегодные поступления плодородного ила из верховьев реки в ее дельту, что приводит к постепенному разрушению дельты Нила – житницы Египта, а также требует постоянного использования химических удобрений <sup>17</sup> .
Вьетнамская война	1965–1972	Американское общество явно продемонстрировало нежелание нести такие тяготы, которые считались вполне приемлемыми еще совсем недавно в ходе Корейской войны (1950–1953) <sup>18</sup> [2].
Коммерческий провал нового напитка «New Coke» компании Coca Cola	1988	Попытка компании Coca Cola расширить рынок продаж своих напитков, имитировав вкус популярного напитка компании Pepsi Cola, привела к быстрому перетеканию покупателей к конкуренту [2].
Провал миссии UNIFOR в Боснии	1992–1995	Силы ООН по защите мирного населения Боснии при всей своей подготовке оказались недостаточными количественно для эффективного противодействия местным вооруженным формированиям [2].
Коммерческая неудача спутниковой системы связи «Иридиум»	1999	Использование компанией Motorola аналоговой системы для спутниковой телефонии в условиях быстрого развития более перспективных цифровых систем привело к неудаче этой программы [2].
Потеря рынка самолетом-аэробусом А-380	2005 – н. в.	Неоправдавшиеся представления компании Airbus о трансконтинентальных пассажирских авиаперевозках через аэропорты-хабы как об оптимальном способе их организации <sup>19</sup> .

Рассмотрим раздел классификатора е) «Изменение сценария – непредсказуемое, неблагоприятное и ранее не существовавшее влияние факторов изменившегося окружения на функционирование системы (неблагоприятное изменение интерфейса)» (табл. 5). Он, в некотором смысле, является аналогом раздела «Негативная эмерджентность», только здесь

<sup>16</sup>Су-2: самолет, незаметный во всех смыслах слова (часть 2) [Электронный ресурс] // Военное обозрение. 2017. – Режим доступа: <https://topwar.ru/114449-su-2-samolet-nezametny-vo-vseh-smyslah-slova-chast-2.html>, свободный. – Загл. с экрана.

<sup>17</sup>Маковецкий М. Асуанская плотина: экологические последствия [Электронный ресурс] // Проза.ру. 2010. – Режим доступа: <https://www.proza.ru/2010/04/05/497>, свободный. – Загл. с экрана.

<sup>18</sup>Расстрел в Кентском университете [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Расстрел\\_в\\_Кентском\\_университете](https://ru.wikipedia.org/wiki/Расстрел_в_Кентском_университете), свободный. – Загл. с экрана.

<sup>19</sup>Турков А. Airbus бьет рекорды и готов прекратить выпуск самолета-гиганта А380 [Электронный ресурс] // Deutsche Welle, Экономика. 2018. – Режим доступа: <http://www.dw.com/ru/airbus-бьет-рекорды-и-готов-прекратить-выпуск-самолета-гиганта-a380/a-42154885>

Таблица 5. Изменение сценария

Событие/процесс/явление	Год(ы)	Причина
Македонская фаланга	350–168 гг. до н. э.	Беспомощность сплошного строя фаланги на пересеченной местности против более гибкого расчлененно-сомкнутого строя римского легиона [1].
Поселения викингов в Гренландии	984–1435	Малый ледниковый период, который привел к резкому ухудшению жизни в Гренландии, изоляции от Европы и гибели колонии викингов [3].
Линкоры дредноутного типа	1906–1941	Бессилие пушек и брони линкоров против палубной авиации [1].
Истребитель «Зеро»	1942–1944	Господство на Тихоокеанском театре военных действий японского палубного истребителя «Зеро» над любым противником в ближних маневренных боях (Dog fights) в 1942 году и его беспомощность против атак новых американских истребителей на пикировании (Boom-zoom) в 1944 году [13].
Стратегические сверхзвуковые крылатые ракеты	1950–1964	Неконкурентоспособность стратегических сверхзвуковых крылатых ракет после появления межконтинентальных баллистических ракет и баллистических ракет морского базирования [14, 15].
Программа сверхзвукового пассажирского самолета «Конкорд»	1976–2003	Коммерческое использование самолета «Конкорд» оказалось чрезмерно дорогим в условиях резкого роста цен на топливо [2].
Программа «Спейс Шаттл»	1981–2010	Экономическая неэффективность пилотируемых носителей типа «Спейс Шаттл» при резком снижении числа запусков в связи со сложностью межполетного обслуживания и изменением приоритетов американской космической программы [16].
Кризис мировой ядерной энергетики	1986 – н. в.	Изменение критериев надежности ядерных энергетических блоков после Чернобыльской катастрофы и рост внимания общества к экологии <sup>20</sup> .
Атака Международного центра торговли в Нью-Йорке	2001	Конструкция зданий оказалась неспособной противостоять террористической атаке с использованием крупных и почти полностью заправленных пассажирских самолетов [2].
Северо-Восточный американский энергетический коллапс	2003	Рост деревьев вблизи линий электропередач при пренебрежении эксплуатантов к необязательным стандартам по очистке линий от насаждений, что и явилось «спусковым крючком» коллапса [2].

неблагоприятные и непредсказуемые связи возникают уже между системами, то есть, при переходе на более высокий уровень рассмотрения раздел е) просто переходит в раздел б).

Кажется, что представленные примеры достаточно самоочевидны. Хочется сделать только одно замечание: японский истребитель «Зеро» преодолел путь от «абсолютного оружия – короля воздуха» к состоянию «индейки», на которую идет почти безопасная охота, за рекордно короткий срок – примерно за 2 года.

И, напоследок, перейдем к разделу классификатора ф) «Внешний ресурсный тупик – ограничения возможностей системы в рамках надсистемы (то же, что и границы развития или пределы роста)» (табл. 6).

В разделе ф) пока нашлось не слишком много примеров технических проектов, по-видимому, из-за того, что по-настоящему крупные и сложные системы такого рода стали соз-

<sup>20</sup>Ожаровский А. Производство ядерной энергии в мире сокращается на 2% в год [Электронный ресурс] // Bellona. 2010. – Режим доступа: <http://bellona.ru/2010/05/07/proizvodstvo-yadernoj-energii-v-mire-s/>, свободный. – Загл. с экрана.



Таблица 6. Внешний ресурсный тупик

Событие/процесс/явление	Год(ы)	Причина
Голод и катастрофическое снижение численности населения на острове Пасхи	1400–1600	Потеря пищевых ресурсов, в первую очередь, из окрестного океана из-за отсутствия лодок, вызванного гибелью лесов, пошедших на производство веревок, стропил и салазок, нужных для постройки ритуальных комплексов в виде гигантских статуй – моаи [3].
Исчерпание «генетического ресурса» населения острова Питкэрн	1500–1700	Изоляция острова, которая привела к вымиранию его немногочисленного населения из-за отсутствия притока «свежей крови» [3].
«Тюльпанная» лихорадка, «МММ» и биткойн	1636–2018	Обрушение растущей финансовой пирамиды при выходе ее на ресурсные границы <sup>21, 22, 23</sup> .
Крах русской кампании Наполеона	1812	Невозможность обеспечить снабжение французской армии, что привело к практически полной ее потере от холода и голода, несмотря на выигрыш французами всех крупных сражений и на захват Москвы <sup>24</sup> .
Итоги кампании 1941 года на Восточном фронте	1941	Зимнее поражение наступавших германских войск, вызванное их истощением из-за недостатка резервов, обусловленного недооценкой противника и распылением имевшихся ресурсов [17].
Карибский кризис	1962	Стремление быстро изменить соотношение сил между СССР и США в области стратегических вооружений при отсутствии на тот момент у СССР реальных экономических возможностей это сделать <sup>25, 26</sup> .
Истребители пятого поколения	1986 – н. в.	Невозможность из-за дороговизны постройки достаточного количества таких истребителей для обеспечения всех необходимых операций [1].
Космический телескоп «Хаббл»	1990	Отсутствие испытаний системы в целом на Земле из-за нехватки финансирования, что привело к необходимости модернизации телескопа на орбите в условиях открытого космоса [2].
Геноцид в Руанде	1994	Крайняя нехватка земли в связи с быстрым ростом населения, усугубленная этническим конфликтом племен хуту и тутси [3].
Прекращение постройки Суперколлайдера	1995	Перерасход во время строительства Суперколлайдера имевшихся средств, который привел к потере политической поддержки проекта, дальнейшему снижению финансирования и его полной остановке [2].

давать сравнительно недавно, если не считать таковым строительство больших архитектурных сооружений типа мегалитических дольменов, египетских пирамид или Великой Китайской стены. О тех временах, кажется, известно недостаточно для того, чтобы уверенно классифицировать такие объекты и их проблемы с системной точки зрения. Однако

<sup>21</sup>Тюльпаномания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Тюльпаномания>, свободный. – Загл. с экрана.

<sup>22</sup>МММ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/МММ>, свободный. – Загл. с экрана.

<sup>23</sup>Комраков А. Соцсети ополчились на криптовалюту. Трейдеры нашли признаки грядущего грандиозного обвала цены биткойна [Электронный ресурс] // Независимая газета. 19.03.2018. – Режим доступа: [http://www.ng.ru/economics/2018-03-19/1\\_7192\\_bitcoin.html?id\\_user=Y](http://www.ng.ru/economics/2018-03-19/1_7192_bitcoin.html?id_user=Y), свободный. – Загл. с экрана.

<sup>24</sup>Епатко А. Наполеон о русской кампании 1812 года [Электронный ресурс] // Наука и жизнь. 2012. № 8. – Режим доступа: <https://www.nkj.ru/archive/articles/20982/>, свободный. – Загл. с экрана.

<sup>25</sup>Карибский кризис [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Карибский\\_кризис](https://ru.wikipedia.org/wiki/Карибский_кризис), свободный. – Загл. с экрана.

<sup>26</sup>Макарычев М. Ёж для американцев. 45 лет назад мир оказался на пороге ядерной войны [Электронный ресурс] // Родина, 2007. – Режим доступа: <https://rg.ru/2007/10/25/cuba-krizis.html>, свободный. – Загл. с экрана.

в самое последнее время стали появляться технические системы высочайшего технологического уровня, которые все более и более часто начинают испытывать внешние ограничения, в основном пока, финансового характера (телескоп «Хаббл», Суперколлайдер, истребители пятого поколения). На системном уровне, относящемся к жизни различных человеческих сообществ и, особенно, к крупным боевым операциям, ресурсные ограничения, превращающие победу в поражение – это обыденная реальность. Отсюда следует, что системные инженеры в настоящее время должны пройти хотя бы краткий курс истории войн и военного искусства. Если бы это уже было сделано, то тяжелая судьба нового технического шедевра – большого космического инфракрасного телескопа «Джеймс Уэбб» могла бы быть заметно легче<sup>27</sup>.

### Заключение

Не вызывает сомнений, что 60 представленных примеров еще не являются доказательствами полноты и правильности предлагаемой структуры, а только полезными разъяснениями общих принципов ее построения. Однако тот факт, что не было найдено ни одного примера, который нельзя было бы разместить в рассматриваемой структуре, и, вероятно, их и невозможно найти в связи со способом построения структуры классификатора, является искомым доказательством. Следует также отметить, что негативная эмерджентность системы и ее эквивалент на надсистемном уровне – изменение сценария, в гуманитарной парадигме получили название «Черного лебедя», который приносит на своих крыльях совершенно неожиданную катастрофу. Остальные 4 типа событий – по-видимому, так называемые «Серые лебеди» [18].

Возможно, не всякий читатель согласится с распределением описанных 60 событий, процессов или явлений по шести разделам классификатора общих системных проблем. Отчасти это может быть связано с уровнем, на котором он их может рассматривать. Например, коллапс человеческого сообщества на острове Пасхи, вызванный потерей доступа к пищевым ресурсам окружающего остров океана, отнесен автором к внешнему ресурсному тупику. Хотя если рассмотреть экосистему острова с примыкающими к нему водами в целом, то все произошедшее должно описываться просто как проявление несистемности вследствие безумной растраты жителями острова слабо возобновляемого ресурса – леса для достижения совершенно иррациональных целей – доминирования каждого из их кланов над другими посредством чрезвычайно ресурсоемких обрядов. Как известно, своеобразная ритуально-мистическая «холодная война» на острове, выразившаяся в создании более сотни каменных платформ – аху с почти девятью сотнями огромных статуй предков – моаи, переросла в горячую войну, и все закончилась голодом, каннибализмом и полным крахом всего островного сообщества, после чего все моаи были повалены, а аху – разрушены [3]. К таким результатам приводит иногда неумение системно решать встающие перед обществом проблемы.

Системные инженеры, отвечающие за решение общественных проблем, обычно заранее точно знают уровень рассмотрения той системы, с которой они должны работать, и это упрощает определение встающих перед ними проблем, особенно при использовании предлагаемого классификатора. Очень желательно, чтобы решаемые проблемы были реальными.

---

<sup>27</sup>James Webb Space Telescope [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/James\\_Webb\\_Space\\_Telescope](https://en.wikipedia.org/wiki/James_Webb_Space_Telescope), свободный. – Загл. с экрана.

## Выводы

1. На основе системных принципов и анализа требований построен верхний уровень общего классификатора системных проблем.
2. Классификатор является непротиворечивым, полным и правильным, что подтверждено размещением в нем всех рассматривавшихся объектов или явлений, которые привели к инцидентам, авариям или катастрофам, а также тем, что не найдено проблемных объектов или явлений, которые не могли бы быть в нем размещены.
3. Классификатор применим к системным проблемам технического, экологического и общественно-политического характера.
4. Положение проблемы в системе классификации зависит от уровня науки и технологий на момент разработки данной системы. С течением времени, по мере накопления знаний, возможен переход проблем с более сложных для разработчика уровней на более простые (от незнания к беспорядку). Следовательно, систематика проблем является относительной и зависящей от времени.
5. Показано, что только обобщение эмпирического материала без использования методов системной инженерии при построении функциональных и логических описаний сложных систем не гарантирует, что созданная система будет непротиворечива, полна и правильна.

## Литература:

1. Лобановский Ю.И. Несистемность – источник критических проблем при проектировании сложных систем // Synerjetics Group. 2018. 16 с. URL: <http://www.synerjetics.ru/article/nonsystems.pdf> (дата обращения 02.07.2018).
2. Bahill A.T., Henderson S.J. Requirements development, verification, and validation exhibited in famous failures // Systems Engineering. 2005. V. 8 № 1. P. 1–14. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sys.20017> (дата обращения 02.07.2018).
3. Даймонд Дж. Д. Коллапс. М.: АСТ, 2010. 762 с. URL: <https://www.e-reading.club/book.php?book=1006586> (дата обращения 02.07.2018).
4. McConnell M. Challenger – A Major Malfunction: A True Story of Politics, Greed, and the Wrong Stuff. Doubleday Religious Publishing Group, 1987. 269 p.
5. Гумилев Л.Н. Кто разрушил Вавилон? / В кн. «Этногенез и биосфера Земли». М., Рольф, 1987. 512 с. URL: <https://history.wikireading.ru/3527> (дата обращения 02.07.2018).
6. Келдыш В.М. Шимми переднего колеса трехколесного шасси // Труды ЦАГИ. 1945. Вып. 564. С. 1–34.
7. Амирьянц Г.А. Летчики-испытатели. Сергей Анохин со товарищи. М.: Машиностроение, 2001. 157 с. URL: <https://litlife.club/bd/?b=236414> (дата обращения 02.07.2018).
8. INSAG-7. Чернобыльская авария. Дополнение к INSAG-1 : Доклад Международной Консультативной группы по ядерной безопасности. Вена: Международное агентство по ядерной энергии, 1992. 148 с.
9. Bethe H.A. The German Uranium Project // Physics Today Online. 2000. V. 53. № 7. URL: <http://www-personal.umich.edu/~sanderson/214/other/news/Bethe.html> (дата обращения 02.07.2018).
10. Черток Б. Е. Ракеты и люди. Лунная гонка. Книга 4. М.: Машиностроение, 2013. 542 с.

11. Кюхеман Д. Аэродинамическое проектирование самолетов. М.: Машиностроение, 1983. 656 с.
12. Шпеер А. Воспоминания : Пер. с нем. М.: Захаров, 2010. 712 с. [http://militera.lib.ru/memo/german/speer\\_a/index.html](http://militera.lib.ru/memo/german/speer_a/index.html)
13. Сакаи С., Кайдин М., Сайто Ф. Самурай! М.: Центрполиграф, 2005. 336 с.
14. Евстафьев М.Д. Долгий путь к «Буре» (о создании межконтинентальных ракет «Буря» и «Буран»). М.: Вузовская книга, 1999. 112 с. URL: <http://www.astronaut.ru/bookcase/books/evstafiev/text/> (дата обращения 02.07.2018).
15. Herken G. The Flying Crowbar // Air & Space Magazine. 1990. V. 5. № 1. P. 28. URL: <http://www.merkle.com/pluto/pluto.html> (дата обращения 02.07.2018).
16. Pielke R., Jr. Space Shuttle Value Open to Interpretation // Aviation Week & Space Technology. 1993. V. 139. № 4. P. 57–58.
17. Типпельскирх К. История Второй мировой войны. М.: АСТ, 1999. 796 с.
18. Талев Н.Н. Черный лебедь. Под знаком непредсказуемости. 2-е изд. М.: КоЛибри, Азбука-Аттикус, 2012. 528 с.

#### References:

1. Lobanovsky Yu. I. Non-system is the source of critical problems in the design of complex systems // Synerjetics Group. 2018. 16 p. (in Russ.). URL: <http://www.synerjetics.ru/article/nonsystems.pdf> (access date 02.07.2018).
2. Bahill A.T., Henderson S.J. Requirements development, verification, and validation exhibited in famous failures // Systems Engineering. 2005. V. 8 № 1. P. 1–14. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sys.20017> (access date 02.07.2018).
3. Diamond J. Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed. Penguin Books Ltd., 2005. 608 p.
4. McConnell M. Challenger – A Major Malfunction: A True Story of Politics, Greed, and the Wrong Stuff. Doubleday Religious Publishing Group, 1987. 269 p.
5. Gumilyov L.N. Who destroyed Babylon? / In book «Ethnogenesis and Biosphere of Earth». Moscow, Rolf Publ., 2001. 512 p. (in Russ.). URL: <https://history.wikireading.ru/3527> (access date 02.07.2018).
6. Keldysh V.M. Frontal wheel shimmy of three-wheeled chassis // Trudy TsAGI. 1945. Iss. 564. P. 1–34. (in Russ.)
7. Amiryants G.A. Test Pilots. Sergey Anokhin with fellow workers. Moscow: Mashinostroenie Publ., 2001. 157 p. (in Russ.). URL: <https://litlife.club/bd/?b=236414> (access date 02.07.2018).
8. INSAG-7. The Chernobyl Accident, Updating of INSAG-1: A Report by the International Nuclear Safety Advisory Group. Vienne: International Nuclear Safety Advisory Group, 1992. 148 p.
9. Bethe H.A. The German Uranium Project // Physics Today Online. 2000. V. 53. № 7. URL: <http://www-personal.umich.edu/~sanders/214/other/news/Bethe.html> (access date 02.07.2018).
10. Chertok B.E. Rockets and People. Book IV. Lunar Race. Moscow: Mashinostroenie Publ., 2013. 542 p. (in Russ.)

11. Küchemann D. Aerodynamic Design of Airplanes. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1983. 656 p. (in Russ.)
12. Speer A. Memoirs. Moscow: Zakharov Publ., 2010. 712 p. (in Russ.). URL: [http://militera.lib.ru/memo/german/speer\\_a/index.html](http://militera.lib.ru/memo/german/speer_a/index.html) (access date 02.07.2018).
13. Sakai S., Saito F., Caidin M. Samurai! New York: Dutton, 1957.
14. Evstafiev M. D. Long march to «Burya» (About of making intercontinental rockets «Burya» and «Buran»). Moscow: Vuzovskaya Kniga Publ., 1999 (in Russ.). URL: <http://www.astronaut.ru/bookcase/books/evstafiev/text/> (access date 02.07.2018).
15. Herken G. The Flying Crowbar // Air & Space Magazine. 1990. V. 5. № 1. P. 28. URL: <http://www.merkle.com/pluto/pluto.html> (access date 02.07.2018).
16. Pielke R., Jr. Space Shuttle Value Open to Interpretation // Aviation Week & Space Technology. 1993. V. 139. № 4. P. 57–58.
17. Tippelskirch K. History of World War II. Moscow: AST Publ., 1999. 796 p. (in Russ.)
18. Taleb N.N. The Black Swan. Under the Sign of Unpredictability, 2-nd edition. Moscow: KoLibri, Azbuka-Attikus Publ., 2012. 528 p. (in Russ.)

*Об авторе:*

*Лобановский Юрий Иоасафович*, кандидат физико-математических наук, ведущий инженер, ПАО «Корпорация «Иркут» (Россия, 125315, Москва, Ленинградский пр-т, д. 68).

*About the author:*

*Yury I. Lobanovsky*, Ph.D. (Phys.-Math.), Leading Engineer, Irkut Corporation (68, Leningradsky prospect, Moscow, 125315, Russia).