

УДК 65.012.2

Технологическая модернизация информационно-телекоммуникационных систем на основе интегральных показателей качества

Бойцов Б.В., Артамонов И.М., Денискин Ю.И.

Аннотация

В статье рассмотрены основные факторы, влияющие на успешность модернизации информационно-телекоммуникационных систем (ИТС). Проведен анализ задачи модернизации информационно-телекоммуникационных систем как в целом, так и по этапам данного процесса. Установлены основные критерии, предъявляемые к целям и показателям качества, в наибольшей степени влияющих на успех модернизации. Получена поэтапная модель модернизации с точности и адекватность, достаточными для ее применения в качестве основного инструмента оценки величины стоимости и трудозатрат на модернизацию, и принятия обоснованного решения в такой модернизации.

Ключевые слова

показатели качества, информационные системы, телекоммуникационные системы, модернизация, анализ и планирование

Введение

Современной тенденцией в области автоматизации процессов является переход от использования в рамках организации разрозненных автоматизированных систем к созданию единой информационно-телекоммуникационной системы (ИТС). Это позволяет уменьшить затраты на поддержку и сопровождение ИТС, упростить обучение пользователей и обслуживающего персонала, облегчить дальнейшую модернизацию.

Вместе с тем, при практической реализации таких систем возникает целый ряд проблем. Так, сложность и стоимость внедрения созданной «с нуля» ИТС для большинства

организаций превосходит стоимость финансовых и человеческих ресурсов, которые могли бы быть на это выделены. С другой стороны, в силу сложности задач, которые должна решать ИТС, ее крайне сложно реализовать полностью гомогенной, то есть однородной по используемым программным, аппаратным и коммуникационным средствам. Для решения отдельных задач часто требуется создание обособленных подсистем, которые, тем не менее, должны определенным образом интегрироваться в общее информационно-телекоммуникационное окружение.

В связи с этим наибольшее применение нашел подход этапной модернизации ИТС. Действительно, в большинстве случаев по финансовым или иным причинам целесообразно оставить фрагменты старой ИТС, осуществляя переход к новой за несколько последовательных этапов. При этом предполагается, что после их завершения ИТС перейдет в состояние, позволяющее решать поставленные целевые задачи с заданной эффективностью.

Основным недостатком данного подхода является поддержание «правильной» направленности модернизации ИТС на каждом этапе, что вызвано тремя основными проблемами. Во-первых, за время между этапами модернизации могли появиться новые программно-аппаратные средства, решающие задачу эффективнее и дешевле имевшихся на момент принятия решения. Более того, они могут решать ее способом, не предусмотренным на предыдущем этапе. Во-вторых, за это время могло произойти изменение целей и задач, решаемых ИТС, и последовательное выполнение принятых ранее решений в изменившихся условиях стало неэффективным. В-третьих, состав руководителей и экспертов, принимающих решение о модернизации, мог измениться. Как следствие, могли измениться как цели, так и средства их достижения.

В данной статье описывается подход, позволяющий решить эти вопросы в ходе поэтапной технологической модернизации ИТС.

Общие положения

Каждая фаза модернизации может быть разбита на несколько этапов, выполняемых последовательно и использующих результаты, полученные на предыдущем этапе.

На первом этапе в явном виде должны быть определены одна или несколько целей модернизации. В большинстве случаев, правильно поставленные цели должны либо находиться в предметной области применения ИТС, либо характеризовать параметр, непосредственно связанный с выполнением ИТС функций автоматизации предметной

области. Привязка целей к предметной области позволяет избежать «модернизация ради модернизации», отвлекающей ресурсы от действительно необходимых действий.

В процессе своего формирования цели должны быть переведены (переформулированы) в вид, допускающий контроль их выполнения. Наиболее распространенным вариантом является применение критерия S.M.A.R.T., требующего, чтобы цель была конкретной, измеримой, достижимой, ориентированной на результат и ограниченной во времени. При формулировке целей необходимо также учесть, что:

- при этапной реализации нормальным является не только полное, но и частичное достижение целей;
- с одной целью может быть связано одновременно несколько измеримых параметров.

В связи с этим, целесообразно сформулировать цели так, чтобы было возможным не только дать положительный или отрицательный ответ о ее достижении, но и сформировать количественную оценку соответствия ей результата, достигнутого по итогам выполнения этапа. Наиболее распространенным подходом для этого является выражение степени выполнения цели в процентах.

Далее, на основе анализа ИТС, определяется полный перечень элементов ИТС и подсистем, которые могут быть модернизированы. С каждым из элементов связываются все временные, финансовые и материальные затраты, необходимые для его модернизации. В случае, если модернизация затрагивает связь элементов, подсистем или ИТС в целом, необходимо учитывать интеграционные издержки внедрения новых элементов или входящих в подсистему элементов.

На следующем этапе должны быть определены показатели, отражающие качество функционирования ИТС. В отличие от целей, эти показатели должны быть связаны с ИТС, отражая ее функционирование, как системы автоматизации.

На базе целей и показателей качества формируется единая модель ИТС, позволяющая оценить степень соответствия возможных вариантов решений поставленным при модернизации целям. Именно на этом этапе производится связывание целей с показателями качества и формирование единого критерия качества ИТС.

На последнем этапе на основе модели ИТС проводится моделирование различных вариантов выполнения этапа модернизации с учетом существующего состояния ИТС, имеющихся возможностей и заданных ограничений. По результатам моделирования принимается решение о наиболее эффективном пути модернизации.

После завершения фактической модернизации проводится изменение реально достигнутых параметров функционирования ИТС и степени достижения поставленных целей. Модель корректируется с учетом полученных результатов.

Показатели качества ИТС

Очевидно, что для каждой ИТС показатели качества будут индивидуальными и зависящими от выполняемых ею функций. Вместе с тем, необходимо выделить наиболее важные аспекты выбора блока показателей, формируемых для последующего использования в предлагаемой модели модернизации.

Во-первых, все цели модернизации должны прямо или косвенно зависеть от выбранных показателей. Это важно, поскольку именно на их базе будет оцениваться качество функционирования перспективной ИТС. В тех случаях, когда в перечень показателей попадает не связанный с целью (балластный) показатель, его влияние на интегральный показатель может привести некоторому искажению оценки варианта ИТС. Если количество балластных показателей достаточно велико, это может привести к выбору ошибочного, с точки зрения поставленных целей, способа модернизации.

Во-вторых, для каждого показателя должны быть заданы:

- способы измерения до и после модернизации;
- значение до модернизации;
- способ прогнозирования показателя для модернизированной ИТС, позволяющий включить его значение в модель;
- желаемая оценка после модернизации.

В большинстве случаев прогнозирование показателя является обязательной процедурой, так как до полного завершения фазы модернизации и некоторого времени эксплуатации ИТС в промышленном режиме его точное значение определить затруднительно. Особенно сложно прогнозировать показатели, связанные с человеческим фактором. Так, при одновременной замене сразу нескольких элементов ИТС будет практически невозможно предсказать итоговые значения удовлетворенности пользователей или процент инцидентов, закрываемых в течение заданного времени.

В связи с этим, особое внимание при выборе метода прогнозирования следует уделить максимально точной оценке не столько значений результирующих показателей, сколько соблюдению постоянного соотношения между ними до и после модернизации. Так, если K_i^0 - это измеренное значение i -го показателя до модернизации, K_i' - оценка его значения после

модернизации, а K_i - точное значение, полученное по итогам эксплуатации, то основной задачей в процессе прогнозирования является стремление к выполнению следующего соотношения (критерия):

$$\forall i: \frac{K_i}{K'_i} = const$$

Выбор такого критерия связан с двумя особенностями предлагаемого метода:

- в его основе лежит задание вектора развития ИТС, то есть движение в правильном направлении считается более важным, чем абсолютный размер движения;
- в большинстве случаев, показатели качества ИТС зависят от ограниченного числа первичных параметров, поэтому соотношение между ними после модернизации предсказать проще, чем получить точное значение.

В общем случае, для определения основных показателей качества ИТС целесообразно воспользоваться рекомендациями ITILv3[1]. С точки зрения области применения, метрики делятся на:

- сервисные метрики, показывающие параметры сервиса ИТС, видимые и оцениваемые заказчиком (пользователем);
- технологические метрики, отражающие состояние инфраструктуры;
- процессные метрики (вход, выход, ресурсы, управление), показывающие эффективность работы внутренних процессов ИТ организации.

С точки зрения итоговых целей ИТС сервисные метрики в наибольшей степени близки к ним. Более того, многие цели могут в явном виде содержать в себе одну или несколько сервисных метрик или прямо зависеть от них. Однако, они же наиболее сложно прогнозируемы. Технологические метрики в наибольшей степени отдалены от пользователя ИТС и, следовательно, в наименьшей степени отражают соответствие ИТС целям. При этом, по их значениям можно дать достаточно точный прогноз.

В связи с этим наибольший интерес представляют процессные метрики, общая классификация групп которых приведена на рис. 1. Они могут рассматриваться и как в наибольшей степени отражающие функционирование ИТС в целом, и как связующее звено между пользователем (сервисом) и используемыми технологиями.

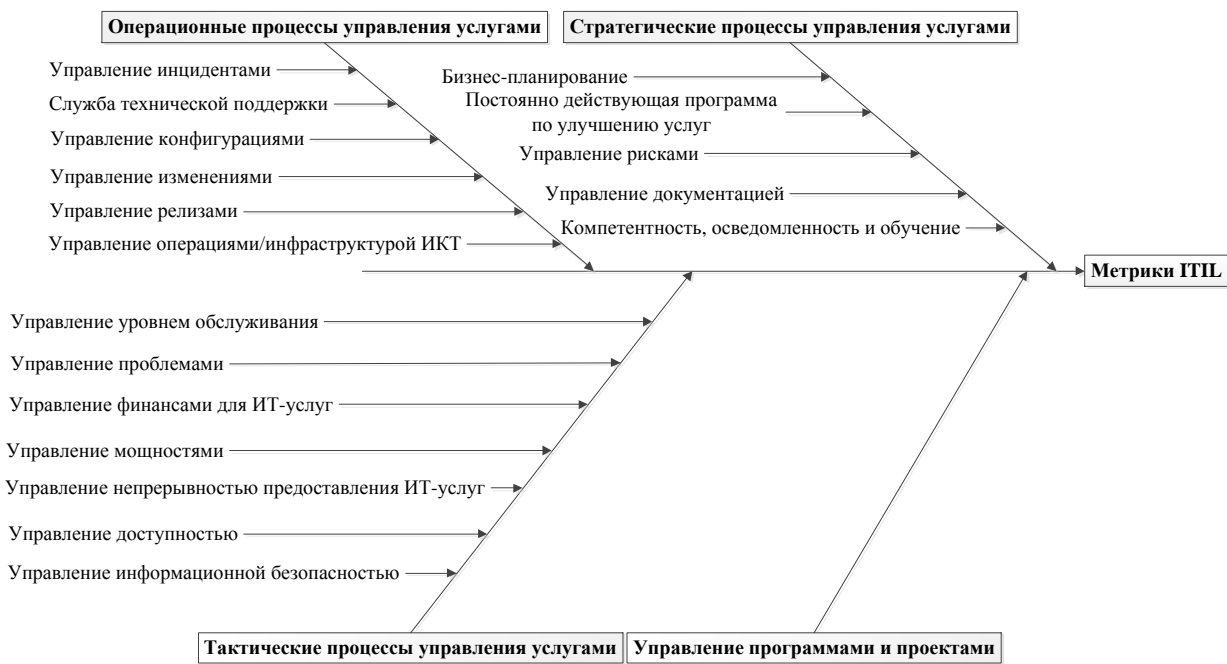


Рис. 1. Метрики для управления ИТ-услугами

Интегральные показатели качества ИТС

Интегральный показатель качества ИТС должен учитывать большинство (в идеальном случае – все) показатели, связанные с выполнением ИТС своей целевой функции. С целью выбора наиболее эффективного метода формирования этого показателя необходимо выделить три критерия, которые должны в нем учитываться:

1. Большинство ИТС имеют иерархическую или сетевую структуру. Следовательно, заметная часть связанных с ней целевых показателей также может быть сведена в аналогичную структуру.
2. В зависимости от поставленной перед ИТС цели показатели имеют различную относительную важность. Относительная важность, как правило, определяется на основе экспертных оценок.
3. Метод должен допускать построение модели качества ИТС, чтобы позволить сравнить различные варианты решения. Модель должна иметь разумную сложность.

В наибольшей степени поставленным критериям отвечает метод анализа иерархий (МАИ), предназначенный для качественного моделирования сложных проблем [2]. Применительно к рассматриваемому случаю на вершине иерархии помещается главная цель ИТС, элементы нижнего уровня представляют множество вариантов альтернатив; элементы

промежуточных уровней соответствуют критериям или факторам, которые связывают цель с альтернативами.

МАИ предполагает взаимное взвешивание не только факторов, но и «силы» мнения экспертов. Однако, так как решение о модернизации ИТС принимается обычно ограниченным кругом лиц, целесообразно считать все мнения равнозначными. Более того, в наиболее вероятном случае относительные веса будут определяться в ходе совещаний и консультаций, по итогам которых и будут приняты их значения для модели. В связи с этим предлагается использовать упрощенный и более простой в реализации метод попарных сравнений Коггера [3]. Приведем его в виде, адаптированном для решения задачи получения интегрального показателя качества ИТС.

Пусть имеется конечное множество параметров ИТС $P = \{p_1, \dots, p_m\}$. Метод Коггера состоит в нахождении вектора неотрицательных весовых коэффициентов $\alpha = \{\alpha_1, \dots, \alpha_m\}$ таких, что

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1$$

по известной матрице попарных сравнений значимости параметров ИТС

$$S = \begin{pmatrix} 1 & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1m} \\ 0 & 1 & \dots & \alpha_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}.$$

Элемент $\alpha_{ij} = \frac{\alpha_i}{\alpha_j}$ интерпретируется, как коэффициент большей важности i -го параметра p_i по сравнению с j -ым параметром p_j . Если $\alpha_{ij} > 1$, это значит, что параметр p_i важнее p_j .

Предполагается, что в процессе формирования списка параметров эксперты могут отвечать на вопросы типа: “Во сколько раз параметр p_i превосходит параметр p_j по важности?”.

Коэффициенты α_{ij} могут быть выбраны из фиксированной шкалы Саати [2]: $\{\frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$,

- где
- 1 – равная важность
 - 3 – слабое превосходство
 - 5 – сильное превосходство
 - 7 – очень сильное превосходство

9 – абсолютное превосходство

2, 4, 6, 8 – промежуточные случаи.

Согласно методу Коггера, по верхнетреугольной матрице S строится матрица

$$\bar{S} = \begin{pmatrix} 1 & \alpha_{12} & \cdot & \alpha_{1m} \\ \alpha_{21} & 1 & \cdot & \alpha_{2m} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \alpha_{m1} & \alpha_{m2} & \cdot & 1 \end{pmatrix},$$

где элементы нижней треугольной части $\alpha_{ij} (i > j)$ удовлетворяют соотношению $\alpha_{ij} = 1/\alpha_{ji}$.

Искомый вектор $\alpha = \{\alpha_1, \dots, \alpha_m\}$ является собственным вектором матрицы \bar{S} , соответствующим максимальному собственному значению $\lambda_{max} = m$ и может быть найден как решение уравнения

$$\bar{S}\alpha = \lambda_{max}\alpha$$

Существует единственное решение данного уравнения, удовлетворяющее условию

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1$$

При этом предполагается, что частные критерии K_i не обязательно являются числовыми и могут иметь качественный неформальный характер. В этом случае для каждого частного критерия K_i ставится задача ранжирования объектов на суждения экспертов. Это позволяет определить вектор весов

$$\alpha^i = \{\alpha_1^i, \dots, \alpha_m^i\}$$

Полученные числа интерпретируются как значения критерия K_i . Следовательно, каждая альтернатива при ответе на вопрос имеет уже числовую оценку по каждому из частных критериев.

Отметим, что с целью упрощения практической реализации метода можно воспользоваться рекомендацией из [2] и вычислять вместо собственного значения для k -й строки их приближенное значение по следующему алгоритму:

1. Находим среднее геометрическое строк матрицы

$$a_k = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m a_{ki}}$$

2. Нормируем их

$$\bar{\alpha}_k = a_k / \sum_{i=1}^m a_i$$

Тогда интегральный показатель ИТС можно получить следующим образом:

1. Убираем размерность у всех частных показателей;
2. Нормируем их по отношению к самим себе, например, в диапазоне [0,1];
3. На основе полученных частных нормированных показателей вычисляем среднее.

В случае, если используется среднее геометрическое и k_i – это нормированное безразмерное значение i -го показателя, значение интегрального показателя Q качества ИТС с точки зрения поставленных перед ней целей получается на основании следующей формулы:

$$Q = \prod_{i=1}^m k_i^{\alpha_i}$$

Анализ и планирование вариантов перехода

Получение интегральной оценки качества ИТС является важной, но не единственной составляющей модели. В ее рамках желательно также оценить размер финансовых, трудовых, временных и других затрат этапа (далее для них в совокупности используется термин «стоимость») для моделируемого варианта перехода.

Наиболее удобным способом выполнить эту операцию является формирование матрицы перехода состояния ИТС. Если a_i , $i = 1, \dots, m$ – это элемент, подлежащий замене или обновлению (далее будем называть его «старым»), а b_j , $j = 1, \dots, n$ – элемент ИТС после выполнения модернизации (далее будем называть его «новым»), то ячейка p_{ij} матрицы перехода P формируется по следующим правилам:

- если a_i должен меняться на b_j , то $p_{ij} = 1$;
- если a_i не должен менять на b_j , то $p_{ij} = 0$.

Далее экспертом формируются векторы стоимостей перехода C размерности n , где для каждого нового элемента указывается стоимость перехода на него. В силу того, что в процессе моделирования может использоваться несколько видов стоимости (см. ранее), таких векторов также может быть несколько. В результате, если e – единичный вектор размерности m , а $c > 0$ – целочисленная константа, обозначающая количество заменяемых элементов, то возможно получение следующих оценок:

- $C^P = PC$ – вектор, у которого в i -й ячейке стоит стоимость замены старого i -го элемента;

- $e^t C^P = e^t PC$ – суммарная стоимость замены всего старого элемента или подсистемы на новый с учетом всех необходимых для этого затрат;
- cC^P - вектор, у которого в i -й ячейке стоит стоимость замены старого i -го элемента в количестве c штук;
- $ce^t C^P = ce^t PC$ – суммарная стоимость замены всего старых элементов на новые в количестве c штук;

Положительным побочным эффектом от создания матрицы для моделирования является то, что для утвержденного варианта модернизации ИТС она в дальнейшем может быть актуализирована, уточнена и использована при выполнении работ и создания документов, базирующихся на имеющейся в ней информации. В частности, на ее основе легко автоматически или полуавтоматически (при необходимости коррекции получаемых результатов), создавать для выбранного варианта модернизации:

- заявки на приобретение оборудования и материалов;
- заявки на финансирование с обоснованием;
- заявки на обучение;
- различные спецификации для проекта модернизации.

Еще одним вариантом применения матрицы является моделирование изменения объема выполняемых работ при поступлении новых данных в ходе реализации проекта перехода. Например, при уточнении объема или стоимости фактически подлежащих выполнению работ возможно появление резерва или, наоборот, недостатка ресурсов. Корректируя данные в модели, можно увидеть, во-первых, разницу между фактическим и запланированным объёмами и, во-вторых, получить перечень изменений, которые необходимо внести в план управления проектом с целью удовлетворения изменившихся требований.

Следует отметить, что матрица перехода может строиться как для ИТС в целом, так и для отдельных подсистем или элементов. Чтобы матрица для ИТС в целом, равно как и матрицы показателей, не стали чрезмерно громоздкими, возможно расширение приведенной методики для расчета стоимости интеграции нескольких элементов и подсистем (рис. 2). С этой целью она дополняется суммированием стоимостей нижележащих элементов или подсистем с добавлением стоимости создания самой подсистемы, полученной по описанной ранее методике с использованием матриц перехода, и интегративной составляющей T , требуемой для объединения разрозненных элементов в подсистему. При этом расчет стоимости интеграции определяется экспертами на основе анализа предметной области и в рамках методики используется, как заданное значение.

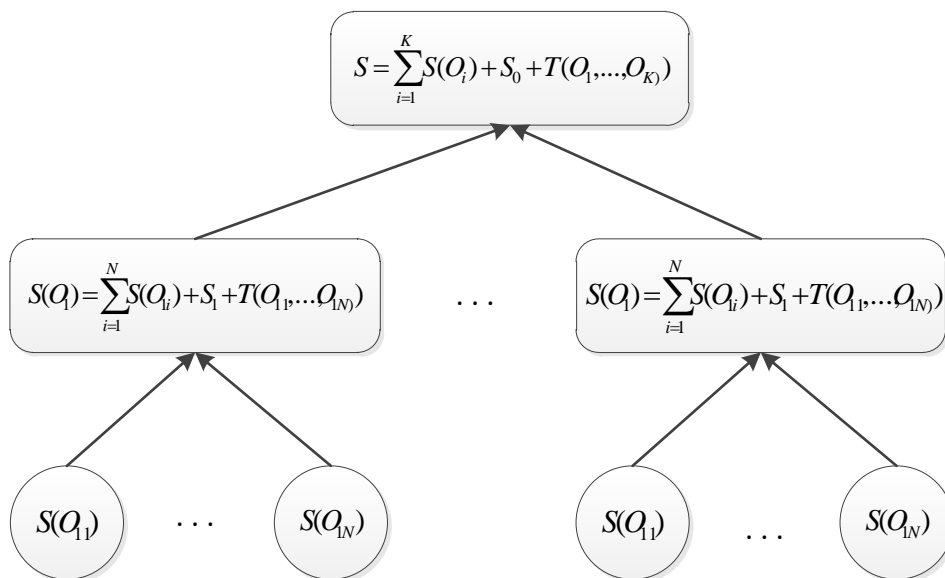


Рис. 2. Суммирование затрат по нескольким подсистемам

При практическом применении описанной методики следует помнить, что она имеет определенные ограничения и допущения. Так, возможна ситуация, когда в одной таблице присутствуют взаимно несовместимые варианты перехода. Исключить такие ситуации может только анализ смысловых значений элементов, что выходит за пределы обсуждения в данной статье.

Представленная модель не является абсолютно точной, поскольку в ней не могут быть учтены все необходимые затраты на модернизацию ИТС. Вместе с тем, точности моделирования достаточно для приемлемо точной оценки стоимости и трудозатрат на модернизацию и принятия обоснованного решения в процессе выбора.

Еще одним ограничением предлагаемой модели является сложность агрегирования полученных результатов с учетом дискретности приобретаемого оборудования.

Заключение

Представленный в статье подход к технологической модернизации информационно-телекоммуникационных систем позволяет одновременно как упростить, так и сделать более точным и обоснованным выбор направления ее модернизации. Для каждого из этапов определены основные задачи, приведены особенности реализации.

Использование в качестве параметров оценки стандартизованных метрик ИТЦ позволяет упростить сбор и обработку первичной информации об ИТС в процессе формирования показателей качества для поставленных перед ИТС целями.

Простота использованных методов позволяет реализовать их практически в любом программном обеспечении электронных таблиц. При этом детальность и степень проработки содержания зависит только от использующего ее эксперта или руководителя, и может быть выбрана соответствующей сложности решаемой задачи по модернизации.

В подавляющем большинстве случаев точности и адекватности модели достаточно для ее использования в качестве основного инструмента оценки величины стоимости и трудозатрат на модернизацию, а также для принятия обоснованного решения в такой модернизации.

Предложенные в статье методы и инструменты были с высокой эффективностью использованы при формировании технических заданий и исполнении контрактов в области ИТС, модернизируемым Московским авиационным институтом.

Библиографический список

1. Брукс, Питер. Метрики для управления ИТ-услугами. М.: "Альпина Паблишер", 2008.
2. Саати, Томас. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: "Радио и связь", 1993.
3. Cogger K.O., Yu P. L. Eigenweight vector and least-distance approximation // J. Optimiz. Theory and Appl., 1985, V. 46, №4, p.483-491.

Сведения об авторах

Бойцов Борис Васильевич, профессор Московского авиационного института (национального исследовательского университета), зав. кафедрой 104, д.т.н., , e-mail: kaf104@mai.ru

Артамонов Игорь Михайлович, преподаватель Московского авиационного института (национального исследовательского университета), , e-mail: art@mai.ru

Денискин Юрий Иванович, проректор по качеству и информатизации Московского авиационного института (национального исследовательского университета), д.т.н, доцент, e-mail: denis@mai.ru