

УДК 629.735.33

Формирование облика маневренного самолета в условиях заданных стоимостных ограничений

Куприков М.Ю., Комиссаров А.А.

Аннотация

В статье рассматриваются особенности формирования облика маневренного самолета при заданных ограничениях стоимости конструкции. Рассматривается влияние стоимостных параметров на технический облик маневренного самолета.

Ключевые слова:

облик; масса; стоимость; параметры.

В последнее время наряду с внешним заданием проектирования, возникают условия, ограничения, которые влияют на этап Формирования облика маневренного самолета (ФОМС). В условиях рыночных отношений экономическая составляющая процесса ФОМС становится одним из определяющих факторов: при всех тактико-технических преимуществах нового самолета, если его инвестиционная и экономическая привлекательность не будут находиться на уровне, обеспечивающем как минимум безубыточную деятельность предприятия, авиапроизводитель не станет запускать проект в серию. Это положение особо актуально в РФ, так как большинство авиапредприятий работают на экспорт, поскольку финансирование государственного оборонного заказа не обеспечивает нормальное функционирование авиапроизводителя.

Таким образом, перед авиапроизводителем встают две задачи:

1. Сформировать лимит стоимости будущего маневренного самолета (МС), чтобы реализация проекта его создания имела экономический эффект;
2. Разнести полученный лимит на детали и агрегаты для создания маневренного самолета в рамках заданной стоимости.

В современных условиях для создания конкурентоспособного продукта необходимо заранее на этапе аванпроекта задать внешний лимит стоимости, который будет определяться как максимальная величина затрат на производство единицы МС, при которой проект будет

иметь положительное значение Чистого Дисконтированного Дохода (ЧДД). Определение внешнего лимита стоимости будущего МС будет необходимо для оценки эффективности проекта его создания. От этого показателя в дальнейшем можно будет отталкиваться: если полученный внешний лимит превысит – то проект будет убыточным и не принесет заложенную в него прибыль, снижение лимита стоимости будущего МС относительно показателя внешнего лимита стоимости будет повышать конкурентоспособность продукта. Таким образом, в современных условиях производства авиационной техники (в настоящее время и МС в том числе) особенно остро встает проблема проектирования самолета «под заданную стоимость».

Для формирования внешнего лимита стоимости выпускаемой единицы самолета, необходимо провести маркетинговые исследования с целью получения следующей информации:

1. Определение доли рынка, которую захватит проектируемый МС, то есть, какое количество самолетов будет востребовано и обеспечено спросом;
2. Сбор и обработка информации о ТТХ и стоимостях основных МС-конкурентов;
3. Проведение SWOT-анализа (анализ факторов и явлений) для определения сильных и слабых сторон проекта, возможностей и рисков;
4. и др.

Пользуясь полученной информацией, необходимо сформировать лимиты, исходя из определения следующих данных стоимости жизненного цикла (ЖЦ) МС:

1. Определение стоимости НИОКР будущего МС;
2. Определение стоимости производства будущего МС;
3. Определение стоимости эксплуатации будущего МС.

Информацию по п.1. и п.3. в настоящее время можно определить, основываясь на опыте авиапроизводителей и на научных работах ведущих ученых в области экономики авиастроения (МАИ, МАТИ, ЦАГИ, Академия им. Жуковского и др.).

Но как определить, исходя из заданного лимита стоимости будущего МС, сколько будет стоить тот или иной агрегат, блок или конкретная деталь?

Этим вопросом задавались многие ученые в разные периоды становления авиастроения. Как найти универсальную формулу стоимости будущего узла или детали, чтобы она учитывала совершенствование технологий и развитие научно-технического прогресса?

Основой ФОМС является построение «уравнения существования самолета» - уравнения массового баланса, поскольку наиболее весомым критерием создания МС является масса:

$$1 = \bar{m}_{\text{пл}} + \bar{m}_{\text{с.у}} + \bar{m}_{\text{об}} + \bar{m}_{\text{т}} + \bar{m}_{\text{ц.н}} + \bar{m}_{\text{сн}}, \quad (1.1)$$

где

- $\bar{m}_{\text{пл}}$ - относительная масса планера;
- $\bar{m}_{\text{с.у}}$ - относительная масса СУ;
- $\bar{m}_{\text{об}}$ - относительная масса оборудования;
- $\bar{m}_{\text{т}}$ - относительная масса топлива;
- $\bar{m}_{\text{ц.н}}$ - относительная масса целевой нагрузки;
- $\bar{m}_{\text{сн}}$ - относительная масса снаряжения.

Таким образом, привязавшись к массе, найдя корреляцию стоимости и массы, можно получить доступ к самым «потаенным» местам МС. Появляется возможность решить задачу определения стоимости отдельно взятого агрегата, исходя из его заданных массовых параметров, либо задачу обратную – при превышении полученной стоимости лимита принять решение об изменении массовых параметров, либо увеличении лимита стоимости (поскольку в связи со сложностью оптимизации массовых параметров будущего МС при заданном лимите стоимости вектор конструктивных решений для конкретного проектируемого МС может не существовать) (рис.1).

$$1 = \bar{c}_{\text{пл}} + \bar{c}_{\text{с.у}} + \bar{c}_{\text{об}} + \bar{c}_{\text{т}} + \bar{c}_{\text{ц.н}} + \bar{c}_{\text{сн}}, \quad (1.2)$$

где

- $\bar{c}_{\text{пл}}$ - относительная стоимость планера;
- $\bar{c}_{\text{с.у}}$ - относительная стоимость СУ;
- $\bar{c}_{\text{об}}$ - относительная стоимость оборудования;

\bar{c}_T - относительная стоимость топлива;

$\bar{c}_{ц.н}$ - относительная стоимость целевой нагрузки;

$\bar{c}_{сн}$ - относительная стоимость снаряжения.

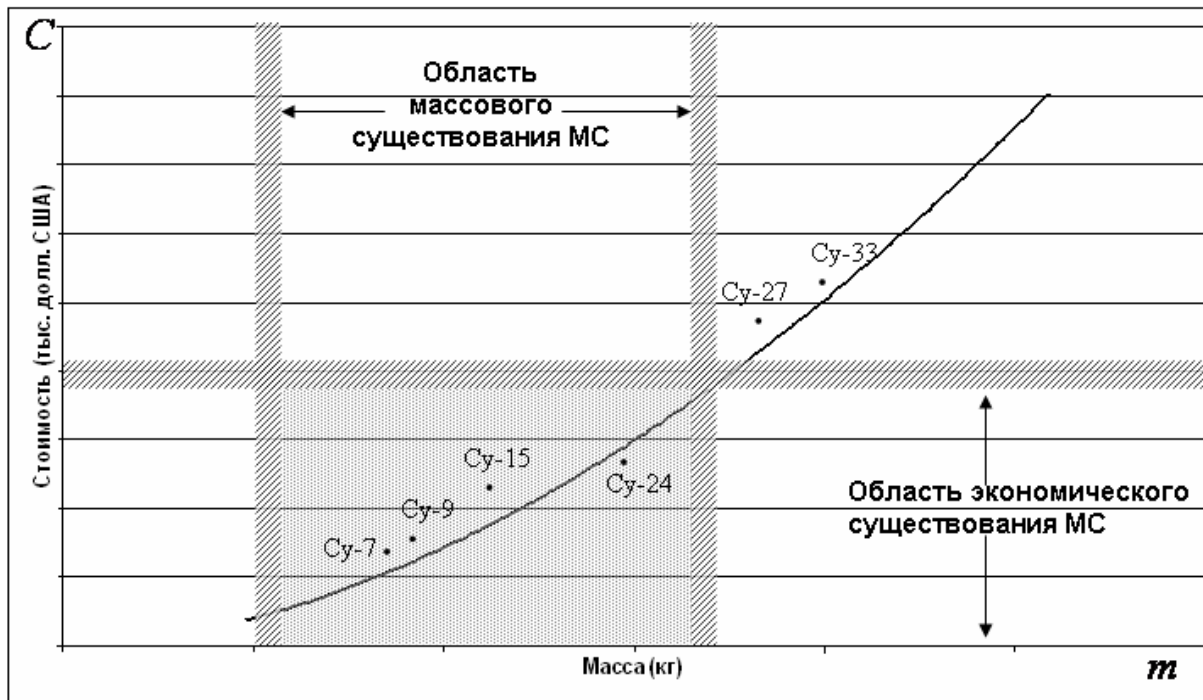


Рис. 1. Область существования решений для проектируемого МС.

На основе уравнения массового баланса было создано уравнение стоимостного баланса МС, где аргументами являются относительные стоимости агрегатов МС (1.2).

Для нахождения зависимости массовых и стоимостных показателей деталей, узлов и агрегатов МС были проведены исследования статистических данных ряда современных МС. Были взяты статистические данные по массе деталей, узлов и агрегатов МС и их стоимостей. Исследования проводились на МС 2-4 поколения и выше.

Графически формула (1.2) изображена на рис.2. Анализ формулы показывает, что силовая установка является покупным, сложносоставным и наукоемким изделием и в основном его стоимость задана заводом-изготовителем двигателей, поэтому эту величину можно принять постоянной; БРЭО и другое оборудование также закупается заводом и ее из расчетов также следует исключить. Относительную стоимость БРЭО следует закладывать в

процентном соотношении к стоимости всего самолета по результатам исследований статистических данных (с учетом коэффициента поправки на поколение), поскольку наукоемкость БРЭО не позволяет получить зависимость ее стоимости от массы; масса и стоимость топлива также заданы и неизменны (изменяются в силу факторов, не зависящих от действий авиапроизводителя); целевая нагрузка и снаряжение задаются на этапе постановки ТТТ и их изменение – процесс, основанный на дискретном принятии решения, и не требует расчета.

Таким образом, исследования зависимости стоимостных показателей агрегатов от массовых проводились на базе планера МС:

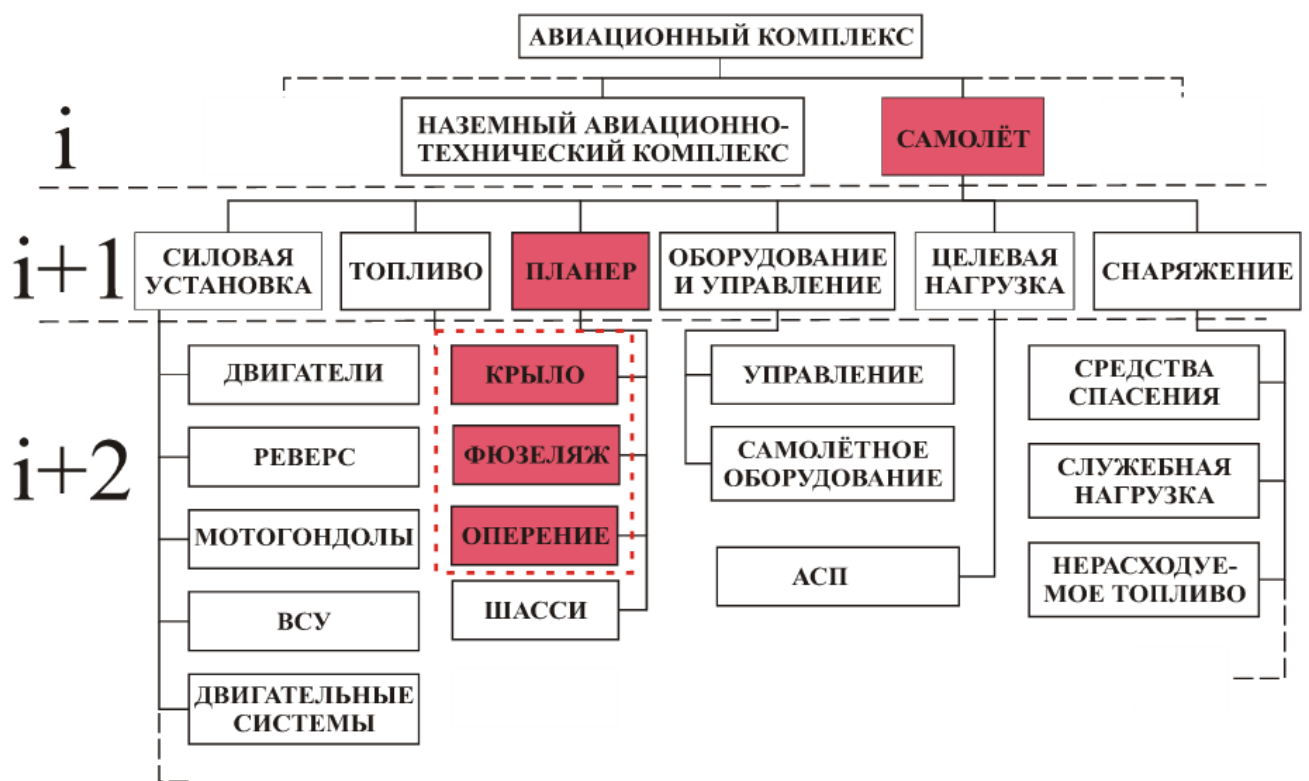


Рис. 2. Структурная декомпозиция МС.

На рис.2 представлена структурная декомпозиция МС. Поскольку шасси является составным агрегатом, слабо поддающимся массовому оптимизированию, то этот агрегат был выделен в величину постоянную и вынесен за рамки исследования.

В итоге для исследований были выбраны три агрегата планера:

- фюзеляж;
- крыло;
- оперение (горизонтальное и вертикальное).

Полученные данные исследования показали степенную зависимость стоимости самолета от массы.

После того, как была получена корреляция массовых и стоимостных характеристик, было проведено исследование уравнений масс агрегатов МС, выраженных через другие параметры (площадь, удлинение, предельное число М, используемые материалы и др.).

Для исследования был использован ряд уравнений, как теоретических, так и использующихся авиапроизводителями на практике.

В итоге был создан ряд уравнений, которые выражали стоимостные показатели агрегатов через технические характеристики будущего МС.

Для исследований были выбраны следующие параметры МС:

1. Для уравнения стоимости фюзеляжа – площадь смачиваемой поверхности фюзеляжа, удлинение фюзеляжа, коэффициент материала;
2. Для уравнения стоимости крыла – площадь консольной части крыла, коэффициент формы крыла, коэффициент материала;
3. Для уравнения стоимости оперения – нормальная взлетная масса самолета, коэффициент материала.

На рис.3 и рис.4 приведены графики влияния площади смачиваемой поверхности фюзеляжа на его стоимость. Были рассмотрены два варианта фюзеляжа МС: МС с однодвигательной компоновкой (рис.3) и МС с двухдвигательной компоновкой (рис.4).

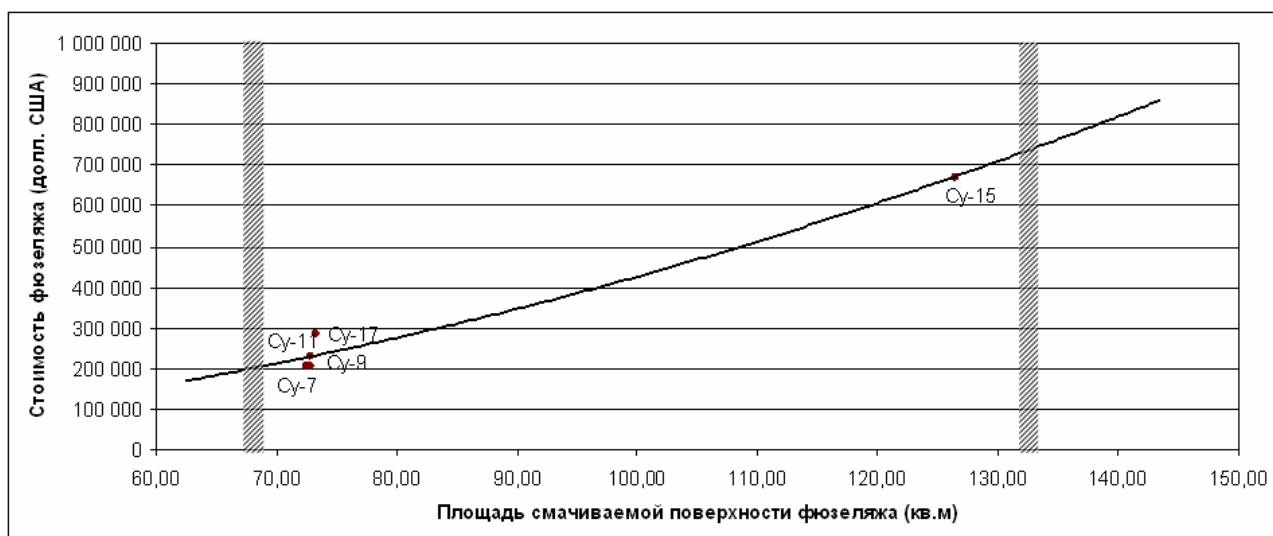


Рис. 3. Влияние площади смачиваемой поверхности фюзеляжа на его стоимость МС с однодвигательной компоновкой.

Результаты исследований показывают, что с ростом площади омываемой поверхности фюзеляжа растет в степенной зависимости его стоимость.

Исходя из полученных данных, были построены математические модели стоимости фюзеляжа, выраженные через площадь смачиваемой поверхности фюзеляжа.

Аналогичным способом были построены математические модели стоимости крыла и оперения (вертикального и горизонтального).

Проведенная проверка адекватности моделей показала достоверность на уровне 97-98%, что соответствует принятым нормам.

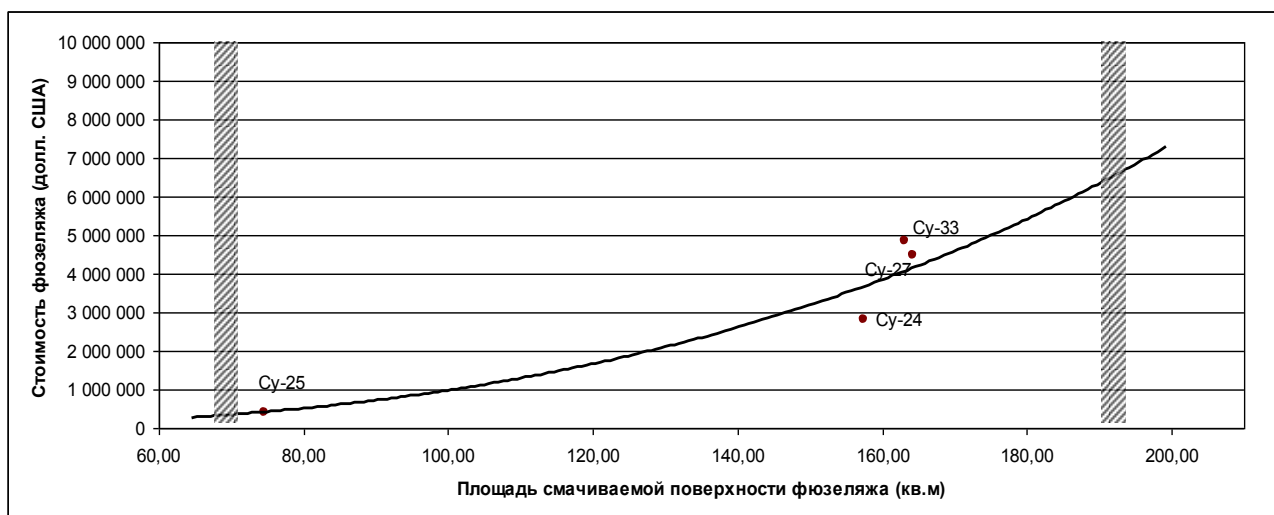


Рис. 4. Влияние площади смачиваемой поверхности фюзеляжа на его стоимость МС с двухдвигательной компоновкой.

В этих моделях учитывался и такой фактор, как материал, из которого создается будущий МС. Сейчас фактор материала оказывает существенное влияние на формирование облика МС: наука идет вперед семимильными шагами и создание новых композитных материалов способствует «облегчению» МС, что значительно помогает авиаконструкторам в борьбе за килограммы. Конечно же, это делает самолет более дорогим, но создает дополнительный шаг авиаконструктору для синтеза параметров и характеристик.

Возможно, данные формулы не будут отражать воздействие всех факторов, влияющих на формирование облика МС, но наличие данных моделей в будущем позволит конструктору определить направление, в котором он идет с точки зрения экономики и, вычислив, сколько будет стоить тот или иной агрегат, оценить, выйдет ли будущий МС за

рамки выделенного лимита, а в случае превышения лимита проинформировать экономические службы о том, что лимит необходимо увеличить за счет иных источников и ресурсов.

Еще одна важная проблема, возникающая на этапе синтезирования стоимостных и массовых показателей МС, это проблема существования полученных параметров на множестве заданных ограничений. Ведь вполне вероятна ситуация, при которой оптимальный стоимостной баланс МС будет выполняться при площади крыла, к примеру, которая не обеспечит необходимую подъемную силу будущему МС. И таких ограничений неопределимо огромное множество. В таких случаях возможны лишь три варианта:

1. Перераспределить лимит между агрегатами МС;
2. Выделить, как было указано выше, дополнительный лимит, чтобы позволить МС «втиснуться» в рамки заданных ограничений;
3. Принять решение об отказе от реализации проекта создания МС.

Полученные уравнения были апробированы на конкретном примере решения задачи обратного проектирования – оптимизации технических параметров, исходя из стоимостных лимитов, перспективного образца МС крупнейшего отечественного авиастроительного холдинга.

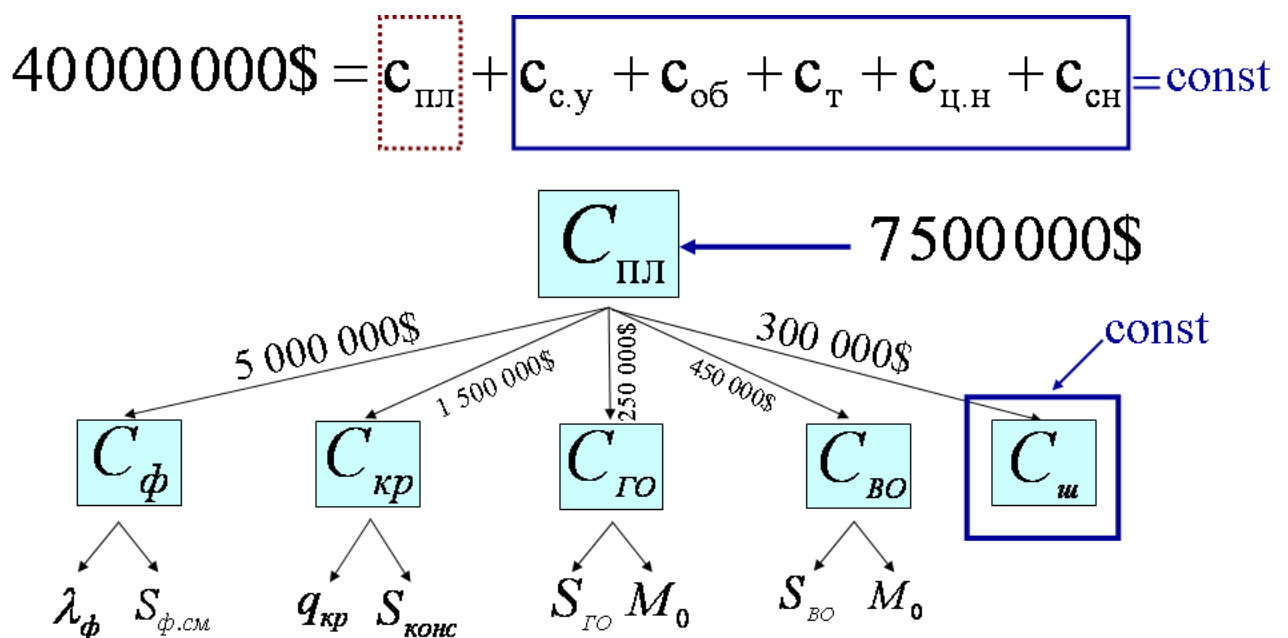


Рис. 5. Решение обратной задачи проектирования.

На рис. 5 показана графическая интерпретация практического решения обратной

Итоговые результаты подтвердили обоснованность уравнений, что подтверждается математическими расчетами.

В результате исследований были получены следующие выводы:

1. Обоснована значимость формирования лимита стоимости МС при заданных макро- и микроэкономических показателях;
2. Найдена корреляция стоимостных и массовых параметров МС;
3. На основе имеющихся формул определения массы агрегатов МС были созданы формулы определения стоимости агрегатов МС;
4. Проведенная апробация формул показала допустимую достоверность аппроксимации;
5. Разработанная методика позволяет решить обратную задачу проектирования – определения технических параметров проектируемого МС при заданном лимите стоимости.

Библиографический список

1. Егер С.М., Лисейцев Н.К., и др. Проектирование самолетов - М.: Машиностроение, 1983г. - 616с.;
2. Мышкин Л.В. Прогнозирование развития авиационной техники: теория и практика. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 304 с.;
3. Платунов В.С. Методология системных военно-научных исследований авиационных комплексов. – М.: Издательство «Дельта», 2005. – 344с.

Сведения об авторах

Куприков Михаил Юрьевич, проректор Московского авиационного института (национального исследовательского университета), д.т.н., профессор; .тел.: 8(495)649-9204; e-mail: kuprikov@mai.ru.

Комиссаров Артем Александрович, аспирант Московского авиационного института (национального исследовательского университета), тел.:8-916-055-62-04;e-mail: artkomissarov@pochta.ru.