

УДК 629.7.01

О.Б. Анипко, А.В. Приймак

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ ЭТАПА КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Рассмотрены особенности формирования базы данных для использования на этапе концептуального проектирования образцов авиационной техники военного назначения. Приведены соотношения единичных и удельных показателей вертолетов, полученные с использованием возможностей базы данных.

Ключевые слова: принятие решения, база данных, концептуальное проектирование, авиационная техника, показатели.

Введение

Проблема принятия решения при создании новых типов летательных аппаратов (ЛА) с более совершенными характеристиками не нова, и имеет достаточно обширный научно-методический аппарат. Однако его использование, позволяя решать задачу выбора при проектировании, не обеспечивает замкнутости процесса, что требует принятия ряда дополнительных, как правило, интуитивных решений, основываясь лишь на собственном понимании предмета исследований и опыте создания подобных объектов авиационной техники (АТ). Часть из таких решений базируется на результатах использования методов квалиметрии [1], что само по себе, хотя и позволяет получать недостающую информацию об объекте, но сопряжено с серьезными трудностями, связанными с обеспечением ее качества. Другая – на результатах моделирования объектов. Причем, номенклатура моделей может быть достаточно обширной, начиная от простых, позволяющих устанавливать наиболее общие связи между показателями, и заканчивая сложнейшими моделями синтеза и имитационными моделями, позволяющими прогнозировать функциональное состояние объекта исследования или его составных частей в различных условиях окружающей среды [2].

Использование перечисленных и других методов и моделей требует определенного объема первичной информации, являющейся основой процедуры принятия решения и приобретающей особое значение на этапе концептуального проектирования сложных технических систем, в том числе, объектов АТ. В тоже время ее сбор, обработка и классификация представляет, при решении конкретных вопросов проектирования, определенную проблему. Суть ее состоит в необходимости иметь достаточный объем достоверных данных, позволяющий решать весь спектр задач этапа концептуального проектирования создаваемого ЛА. И если для случая модернизации ЛА такая проблема не является принципиальной ввиду более или менее полной информации о

нем, то в случае создания перспективного ЛА, не имеющего аналогов (момент начала развития класса) она приобретает чрезвычайную актуальность, поскольку требует выявления и учета новых отличительных признаков (свойств), выявления их взаимосвязей, а также влияние на них изменений отдельных показателей и характеристик.

Анализ литературы. Проблема исходных данных для этапа концептуального проектирования сложных технических систем, в том числе и военного назначения, достаточно полно изложена в работах [3 – 6]. Рассматривая вопросы информационного обеспечения задачи выбора, решение которой и составляет внутреннюю сущность и проблему процесса проектирования, авторы приходят к выводу о необходимости объединения потоков фактической информации в единую систему – базу данных, с последующим ее использованием соисполнителями. Такое объединение, по мнению автора работы [7], позволит обеспечить требуемую степень согласованности всех работ концептуального плана и их связанность. В работе [3], а так же в работах [5] и [8] указывается на необходимость выработки соответствующего подхода к формированию баз данных, наполнение которых полностью обеспечило бы решение задач по формированию конкретного варианта технической системы, в данном случае ЛА. Сегодня попытки выработки такого подхода при создании изделий различного назначения уже официально оформлены в виде системы ISO 9000..., ГОСТ Р ИСО 10303 «Системы автоматизации производства и их интеграция», ДСТУ ГОСТ 23501 «Системы автоматизированного проектирования» и др., однако по прежнему существует ряд проблем, связанных с формированием структур используемых баз данных и рациональной организацией процесса обмена данными между ними и потребителями.

В связи с этим **целью работы** является выявление особенностей формирования базы данных о современных ЛА для поддержки принятия технических и конструкторских решений на этапе концептуального проектирования перспективных образцов АТ.

Основной материал статьи

Существует большое количество баз данных, как специализированных, так и общего назначения, цели которых разнообразны. Их классификация довольно обширна и может выполняться по множеству признаков. Рассмотрим одну из возможных реализаций баз данных, наиболее востребованную при выполнении прикладных исследований концептуального характера, а именно – базу данных в виде видеообразов данных-текстов (или символов) с вы-

сокой степенью структуризации в соответствии с классификацией, представленной в работе [9]. Эти базы представляют, как правило, в виде одной или нескольких связанных таблиц, которые содержат информацию об объектах в целом либо их составных частях.

На рис. 1 представлена структурная схема такой базы данных, которая предназначена для сбора и последующего анализа информации о вертолетах военного назначения.

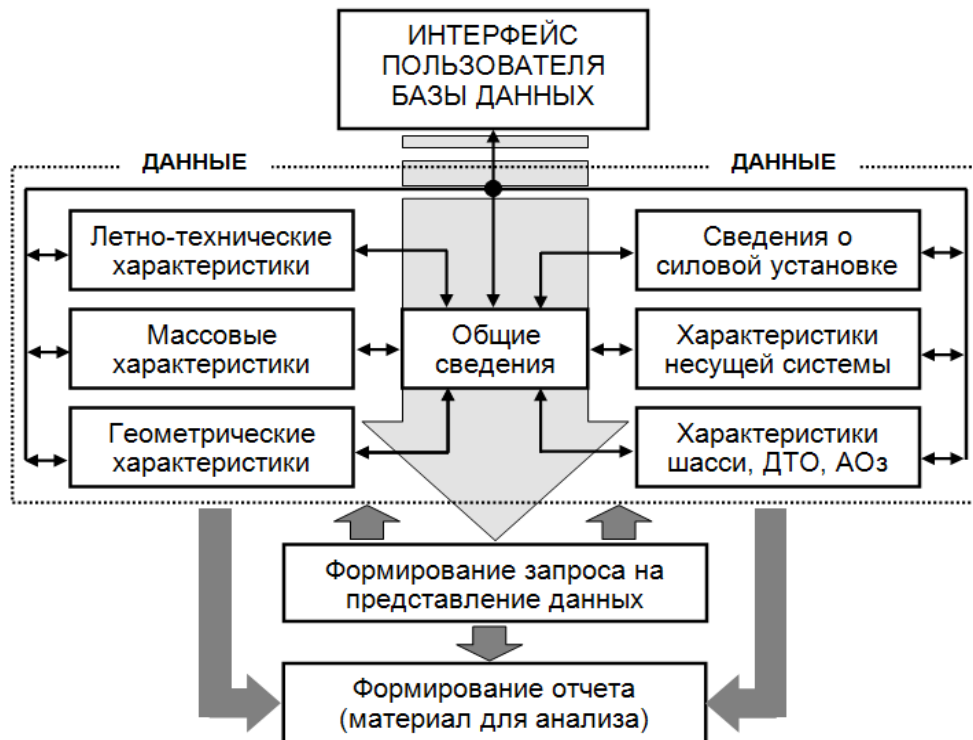


Рис. 1. Структурная схема базы данных «ВЕРТОЛ»

Фактически данная база представляет собой, в соответствии с терминологией ГОСТ Р ИСО 10303, интегрированный ресурс, включающий базовый протокол, структурированный соответствующим образом, а также прикладной протокол, обеспечивающий:

- взаимосвязь между структурами базы;
- идентификацию и интерпретацию данных в среде базы;
- формирование информационных потоков в среде базы данных (обмен данными, ввод и вывод информации и др.);
- выполнение функциональных требований и реализацию предусмотренных ограничений, и другие функции.

В соответствии с приведенной структурой база данных вертолетов военного назначения включает базовый протокол «ВЕРТОЛ» (201 показатель) и 7 прикладных расчетных модулей. В ней приведены значения показателей, характеристик и сведения об

особенностях конструкции (табл. 1) вертолетов за период, начиная с конца 1940-х годов («Белл 47») и заканчивая современными разработками (вертолеты РАН-2/НАС/НАР/ Tigre, Ка-50, 52, 60 и др.).

Приступая к формированию базы данных объектов АТ, следует, в первую очередь, выполнить анализ целевого назначения базы и перспектив ее использования, четко сформулировать проблемы, касающиеся этапа формирования концепции летательного аппарата, наметить возможные пути (варианты) их решения, сформулировать, исходя из этого, задачи, которые должны решаться при помощи создаваемой базы данных.

Одной из главных практических задач, которая решается в среде базы данных, – интеграция (согласование) характеристик объектов АТ [10]. Их структура должна обеспечивать возможности учета взаимосвязей между показателями и их взаимовлияние, что призвано обеспечить в последующем непротиворечивость проектирования перспективных образцов.

Таблиця 1

Групи показателів бази даних «ВЕРТОЛ»
і ступінь їх фактичного заповнення

№	Назва групи	Кількість характеристик %
1.	Общие сведения	21/63,3
2.	Летно-технічні характеристики	66/12,9
3.	Масові характеристики	24/51,2
4.	Геометричні характеристики	25/44,5
5.	Сведения о силовой установке	44/25,5
6.	Характеристики несущей системы	33/48,8
7.	Характеристики шасси, ДТО, АОз	13/22,1
Всього даних		201/37,7

Примечание: в графе «3» через черту приведена ступінь заповнення відповідних груп в процентах від базового переліку.

Возникает необходимость выполнения соответствующей формализации объекта АТ. При этом, все разнообразие показателей АТ может быть представлено многомерным массивом вида $a_{i,j,\dots,k,s}$, таким, что:

$$\begin{cases} a_{i,j,\dots,k,s} \neq 0; \\ i \geq 0; j \geq 0; \dots; k \geq 0; s \geq 0; \\ i + j + \dots + k + s = N \end{cases} \quad (1)$$

где i, j, \dots, k, s – количество подсистем или элементов на соответствующем иерархическом уровне; N – общее число формальных параметров, характеризующее АТ как сложную техническую систему; а также набором функций вида

$$\Phi_m(a_{i,j,\dots,k,s}; \Phi_1; \Phi_2; \dots; \Phi_e), \quad (2)$$

где Φ_e – факторы, характеризующие условия и режимы эксплуатации АТ. Здесь же должны учитываться существующие прямые и обратные связи между системами АТ различных иерархических уровней.

Очевидно, что размер массива a и число функций Φ зависят от глубины анализа N и количества анализируемых иерархических уровней сложной технической системы.

Для такого анализа может быть применен подход, заключающийся в моделировании (имитационном) объекта АТ. Следует подчеркнуть, что попытки учета большого количества свойств объекта моделирования непосредственно связаны с необходимостью разработки сложнейших математических

моделей, учитывающих существующие прямые и обратные связи большого количества подсистем моделируемой сложной технической системы, обеспечения устойчивости решений. При этом возникают определенные проблемы, как теоретического, так и практического характера. Представляется очевидным, что степень их решения на начальной стадии разработки существенно влияет на успех разработки в целом. Поэтому данные, собранные в соответствующих базах, позволяют с достаточной для концептуального этапа точностью решить большинство задач и избежать перечисленных проблем.

При разработке базы данных вертолетов военного назначения «ВЕРТОЛ» исходили из обеспечения возможности решения следующих задач начального этапа разработки, а именно:

1. Выполнение анализа АТ как сложной технической системы и формализация ее описания.

2. Разработка иерархической структуры объекта АТ – вертолета.

3. Определение первичных удельных и комплексных (обобщенных) показателей вертолетов военного назначения, однозначно их характеризующих.

4. Разработка и оценка интегральных показателей и уровня развития и согласования параметров подсистем по базовым (единичным), удельным, обобщенным показателям и характеристикам вертолетов военного назначения.

Решение этих задач является основанием для:

– определения сравнительного технического уровня образцов;

– анализа соответствия современным и перспективным требованиям, как машины в целом, так и отдельных подсистем;

– выявления резервов для проведения модернизации и продолжительности существования этих резервов;

– определения перспективных направлений в разработке вертолетов отечественного производства, в том числе связанных с проблемными научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами;

– оценки перспектив отечественных вертолетов на мировом рынке.

Исходя из этого, структура базы данных должна обеспечивать возможность реализации нескольких уровней анализа показателей АТ: начиная от базовых (единичных) и заканчивая интегральными показателями. Соответствующая иерархическая структура уровней показателей, а также связь между ними представлены на рис. 2.

Уровень единичных (базовых) показателей характеризуется тем, что здесь собрана доступная информация об объектах АТ (см. рис. 1. и табл. 1).

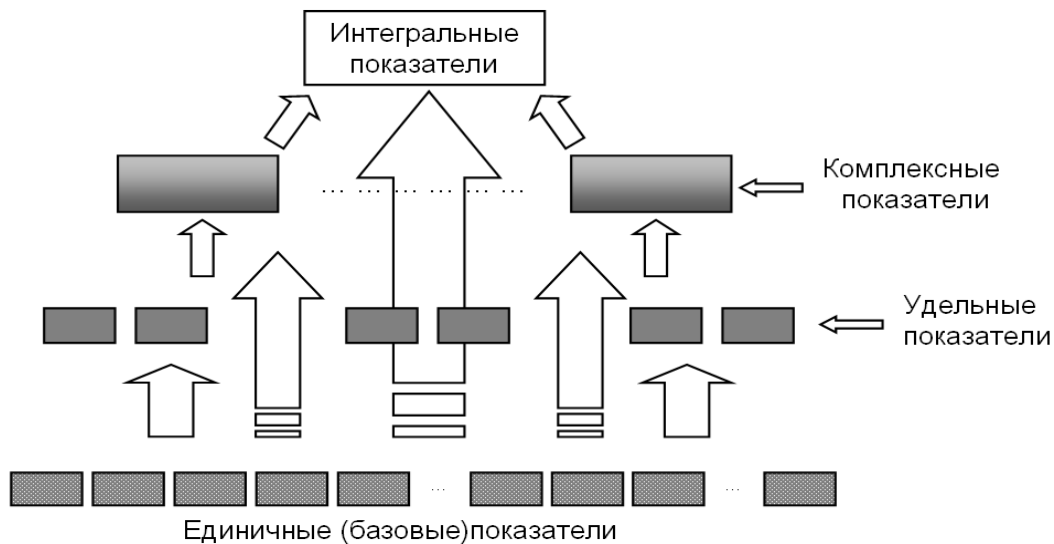


Рис. 2. Формализованное представление объекта АТ, как иерархически согласованных показателей сложной технической системы

Особое место при его формировании занимают вопросы обеспечения достоверности информации, а также классификации объектов АТ. При этом особенностью работы с массивами разнородных данных является обеспечение единства подхода по их формированию с использованием проверенных источников данных. Что же касается вопросов классификации, то в работе [5] отмечается исключительная важность разработки «нужного классификатора». Его необходимость диктуется требованиями к авто-

матизации процессов группировки информации о вертолетах, исходя из решаемых ими задач, а также необходимостью снижения трудозатрат на ее обработку и анализ. Кроме этого, классификатор является достаточно действенным средством прогнозирования развития типа, класса АТ.

В табл. 2 приведен такой классификатор для военных вертолетов различного назначения, характеристики которых содержатся в базе данных «ВЕРТОЛ».

Таблица 2

Классификатор вертолетов военного назначения, представленных в базе «ВЕРТОЛ»

Обозначение класса	Название класса (англ.)	Название класса (рус.)	Количество вертолетов в базе по классам
A	Attack	Ударные вертолеты	36
MP	Multipurpose	Многоцелевые вертолеты	104
MT	Military Transport	Военно-транспортные вертолеты	38
R	Reconnaissance	Разведывательные вертолеты	11
Anti.Sub	Anti. Submarine	Противолодочные вертолеты	12
SR	Searching-Rescue	Поисково-спасательные вертолеты	9
ETr.	Educational Training	Учебно-тренировочные вертолеты	7
EXp.	Experimental	Экспериментальные вертолеты	9
Всего			226

Базируясь на данных табл. 2 можно выделить три наиболее многочисленных группы вертолетов военного назначения: ударные, многоцелевые и военно-транспортные. Используя данные и возможности базы «ВЕРТОЛ» выполнен анализ особенностей развития данных классов военных вертолетов. Установлено, что ударные, военно-транспортные и многоцелевые вертолеты дифференцируются по характерной зависимости $N = f(m_{н(в)})$ (рис. 3), где

N – мощность двигателей, установленных на вертолете; $m_{н(в)}$ – масса целевой нагрузки (для военно-транспортных вертолетов масса груза). Формы связи для данных классов вертолетов существенно отличаются друг от друга и представляют собой экспоненту вида $N = 430,93 \times e^{6,05 \times 10^{-4} m_{н(в)}}$ – для ударных вертолетов, логарифмическую зависимость вида $N = 407,43 \times \ln(m_{н(в)}) - 2245,79$ – для многоце-

левых вертолетов и линейную зависимость вида $N = 235,53 + 0,37 \times m_{H(B)}$ – для военно-транспортных вертолетов (сплошные линии на рисунке), что само по себе характеризует приоритеты развития военно-го вертолетостроения.

При этом отметим, что существует общая для зависимостей $N = f(m_{H(B)})$ область, где эти показатели для всех трех классов вертолетов близки. Это область $N \leq 1600$ кВт и $m_{H(B)} \leq 3000$ кг.

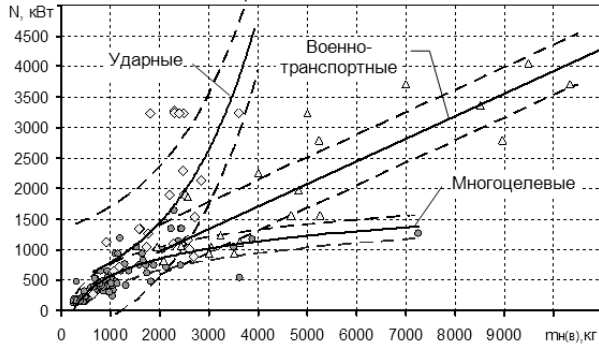


Рис. 3. Вид зависимостей $N = f(m_{H(B)})$ для военных вертолетов разных классов

Для более глубокого анализа зависимостей между мощностными и массовыми характеристиками вертолетов может быть сделан переход от единичных показателей к относительным, как показано на рис.4, где по оси абсцисс представлены значения относительной массы полезной нагрузки ($\bar{m}_{H(B)} = m_{H(B)} / m_{зл}$), $m_{зл}$ – взлетная масса вертолета, а по оси ординат значения относительной мощности двигателей $\mu = N / m_{зл}$. Получены зависимости между указанными относительными характеристиками, которые имеют вид $\mu = 0,8 \times \bar{m}_{H(B)}^{0,72}$ и $\mu = 0,2 \times \bar{m}_{H(B)}^{0,14}$ для ударных и многоцелевых вертолетов соответственно.

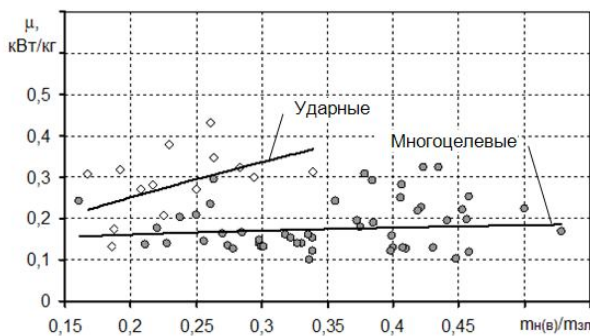


Рис. 4. Зависимости $\mu = f(\bar{m}_{H(B)})$ для ударных и многоцелевых вертолетов

Анализ полученных зависимостей показывает, что значение μ для многоцелевых вертолетов в диапазоне $0,16 \leq m_{H(B)} / m_{зл} \leq 0,55$ находится в пре-

делах полосы $0,1 \leq \mu \leq 0,3$ и может быть интерполирована функцией $\mu = 0,2 \times \bar{m}_{H(B)}^{0,14}$. Для ударных вертолетов зависимость между указанными характеристиками имеет вид $\mu = 0,8 \times \bar{m}_{H(B)}^{0,72}$.

Диапазон изменения $\bar{m}_{H(B)}$ здесь намного уже и лежит в пределах значений относительной массы полезной нагрузки (0,16...0,34). При этом значение относительной мощности $\mu(\bar{m}_{H(B)})$ возрастает до $\mu \approx 0,43$. В дальнейшем сравнивая зависимости $\mu = f(\bar{m}_{H(B)})$ и $\mu = f(m_{H(B)})$ (рис. 5) можно видеть, что последняя для многоцелевых вертолетов в диапазоне $0,1 \leq \mu \leq 0,3$ носит характер полосы, параллельной оси абсцисс. Для ударных же эта зависимость слабо убывает, что не соответствует характеру изменения зависимости $\mu = f(\bar{m}_{H(B)})$ для этого же класса вертолетов, и связано с эффектом роста массы летательного аппарата по мере увеличения мощности двигателей, что для рассматриваемого класса вертолетов иллюстрируется графиком, представленным на рис. 6, где символом $m_{сн}$ обозначена масса снаряженного вертолета.

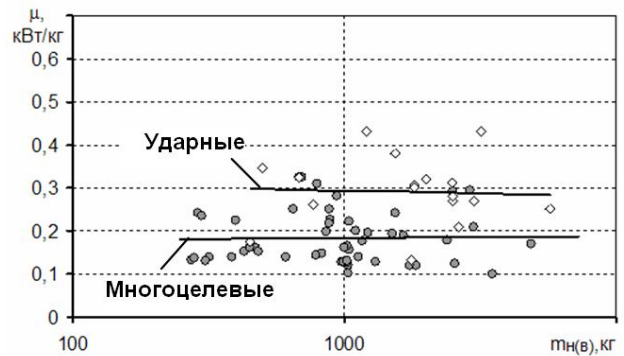


Рис. 5. Зависимость $\mu = f(m_{H(B)})$ для ударных и многоцелевых вертолетов

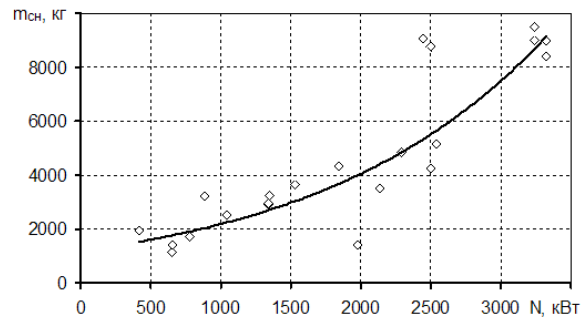


Рис. 6. Зависимость $m_{сн} = f(N)$ для ударных вертолетов

Из сказанного можно заключить, что масса от мощности двигателей ударных вертолетов растет быстрее, чем $m_{H(B)}$, что обусловлено непрерывно возрас-

таючими требованиями к их защищенности и маневренности, в то время как масса полезной нагрузки (вооружения) остается практически неизменной.

Таким образом, рассмотрены основные особенности и приемы формирования и использования баз данных характеристик сложных технических систем, к которым относятся современные военные вертолеты.

Выводы

В качестве **основных выводов** отметим следующее:

1. Анализируя проблемы создания современных и перспективных авиационных комплексов военного назначения все более очевидной становится необходимость применения качественно нового научно-методического аппарата поддержки принятия решения, характеризующегося все большим усилением системности проектных изысканий.

2. Развитие методов системных исследований и увеличение их роли в процессе создании новых образцов АТ является, безусловно, основным фактором увеличения значимости этапа концептуальных исследований, призванных получить ключевую информацию для выработки максимально верных решений относительно объекта проектирования.

3. Важным инструментом концептуальных исследований являются базы данных характеристик и показателей АТ, которые должны обеспечивать: исследование связей между показателями и выявление взаимосвязей между ними; выявление диапазонов изменения показателей, входящих в базу данных, которые, несмотря на различия в задачах, приоритетах, конструкторских решениях, изменяются в вполне определенных фиксированных диапазонах, что отражает достигнутый уровень техники и технологий.

4. Базы данных являются первым этапом процедуры разработки PDM протоколов предназначенных для технической поддержки и принятия решения в процессе разработки и создания изделий машиностроения.

5. Полученные соотношения для ударных и многоцелевых вертолетов позволили определить взаимосвязь между массовыми и мощностными характеристиками последних в пределах достигнутого уровня технического совершенства конструкций, а также выявить тенденцию к росту массы конструкций ударных вертолетов, которая расходуется на обеспечения их живучести и развитие маневренных свойств.

Список литературы

1. Азгальдов Г.Г. Квалиметрия для инженеров-механиков / Г.Г. Азгальдов, В.А. Зорин, А.П. Павлов. – М.: МАДИ, 2006. – 220 с.
2. Строгалев В.П. Имитационное моделирование / В.П. Строгалев, И.О. Толкачева. – М.: МГТУ им. Баумана, 2008. – 780 с.
3. Захаров И.Г. Обоснование выбора. Теория практики / И.Г. Захаров. – СПб.: Судостроение, 2006. – 528 с.
4. Комаров В.А. Концептуальное проектирование самолетов: учеб. пособие. / В.А. Комаров, Н.М. Боргест, И.П. Вислов и др. – Самара: СГАКУ, 2007 – 92 с.
5. Сторожук О.А. Моделирование и вариантное прогнозирование развития техники. / О.А. Сторожук. – М.: Машиностроение, 2005. – 252 с.
6. Анипко О.Б. Концептуальное проектирование объектов бронетанковой техники. / О.Б. Анипко, М.Д. Борисюк, Ю.М. Бусяк. – Х.: НТУ «ХПИ», 2008. – 196 с.
7. Захаров И.Г. Концептуальный анализ в военном кораблестроении. / И.Г. Захаров. – СПб.: Судостроение, 2001. – 264 с.
8. Raymer D.P. Aircraft design: A Conceptual Approach, AIAA Educational Series, Washington, DC, 1989. – 745 p.
9. Чертовской В.Д. Базы и банки данных. Учебное пособие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hi-edu.ru/e-books/xbook099/01>.
10. Анипко О.Б., Логинов В.В. Интеграция силовой установки и планера как комплексная проблема синтеза летательного аппарата. // *Авіаційно-космічна техніка та технологія*. – №2(28) – 2006. – С. 59-65.

Поступила в редколлегию 15.04.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.А. Калкаманов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

БАЗА ДАНИХ ДЛЯ ЕТАПУ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

О.Б. Аніпко, А.В. Приймак

Розглянуті особливості формування бази даних для використання на етапі концептуального проектування зразків авіаційної техніки військового призначення. Приведені співвідношення одиничних і питомих показників вертольотів, отримані з використанням можливостей бази даних.

Ключові слова: ухвалення рішення, база даних, концептуальне проектування, авіаційна техніка, показники.

DATABASE FOR THE STAGE OF CONCEPTUAL DESIGN OF OBJECTS OF AEROTECHNICS

O.B. Anipko, A.V. Priymak

The features of forming of database are considered for the use on the stage of conceptual design of standards of aerotechncs of military-oriented. Correlations of single and specific indexes of helicopters, databases got with the use of possibilities, are resulted.

Keywords: decision-making, database, conceptual design, aerotechncs, indexes.