



16-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos  
**TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,**  
vykusios 2013 m. gegužės 8 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 16th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'  
**TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT**, 8 May 2013, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 16-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»  
**ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК**, 8 мая 2013 г., Вильнюс, Литва

## КЛАССИФИКАЦИЯ ВЕРТОЛЁТОВ С УЧЁТОМ ИХ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ

**В. Першаков<sup>1</sup>, Т. Близнюк<sup>2</sup>**

*Национальный авиационный университет, Институт аэропортов, Киев, Украина*

*Эл. почта: <sup>1</sup>pershakov@nau.edu.ua, <sup>2</sup>bliznyuk10@mail.ru,*

**Аннотация.** Данная статья посвящена вопросу классификации вертолётов с учётом их конструктивных особенностей. Выполнен анализ наиболее распространённых моделей вертолётов, предложена их классификация с учётом конструктивных особенностей, дана сравнительная характеристика существующих и предложенной методик классификации. Обозначены существующие недостатки при отнесении вертолёта к весовой категории и предложены возможные пути их устранения.

**Ключевые слова:** главная опора, классификационное число, конфигурация опоры, колёсное шасси, ползковое шасси, взлётный вес

### Введение

Развитие современного государства невозможно без развития и постоянного совершенствования транспортной системы. Приоритетное значение в этом вопросе отдается воздушному транспорту. Благодаря возможности вертикального взлёта и посадки, а также возможности посадки на ограниченные по размерам площадки вертолёты в последнее время приобретают все большее значение в гражданской авиации.

Вертолёт в настоящее время – это наиболее совершенный представитель семейства аппаратов вертикального взлёта и посадки. На данный момент вертолётный транспорт в Украине еще недостаточно развит, однако объем перевозок вертолётами постоянно увеличивается, поэтому можно ожидать, что он займет свое место в системе городского транспорта. Основное преимущество вертолётов как средства транспорта заключается в высокой скорости передвижения, достигает 200–300 км/ч, независимости направлении движения от системы улиц, а также большой маневренности, простоте и

относительно небольшой стоимости строительства посадочных площадок.

В последние годы в Украине наметился существенный прогресс, ежегодно увеличиваются объёмы грузовых перевозок. Также стоит отметить интерес международных компаний к рынку вертолётных перевозок в Украине (U-Tair Ukraine и др.). Учитывая этот факт, а также заявления должностных лиц о необходимости развития вертолётного транспорта, в ближайшее время ожидается резкое увеличение вертолётных перевозок. Но уникальный потенциал вертолётов не может быть использован без создания сети вертодромов, а её созданию препятствует устаревшая нормативная база, не учитывающая особенности конструкции современных вертолётов.

Что касается проектирования покрытий под воздушные судна, то следует отметить, что современные исследования, главным образом, сосредоточены вокруг взаимодействия сверхтяжёлых самолётов с искусственным покрытием. Исследователи рассматривают влияние на величины внутренних усилий в плите покрытия таких факторов

как: положение главной опоры воздушного судна, высокое давление в пневматике, наличие дополнительных опор под крыльями широкофюзеляжных самолётов, многоколёсность главных опор. Предложен ряд оригинальных решений относительно конструкции жёсткого покрытия, обоснована необходимость введения дополнительных подклассов нагрузки для сверхтяжёлых воздушных суден. Упоминания также заслуживают исследования связанные с распределением количества проходов воздушного судна по взлётно-посадочной полосе. Их результатом стали предложенные концепции покрытия переменной толщины в продольном и поперечном направлении. Относительно покрытий вертолетных площадок следует отметить, что с их расчёт не рассматривают отдельно от аэродромных покрытий.

Отсутствие специальных исследований взаимодействия вертолётов с покрытием можно объяснить их сравнительно малым весом. Однако, учитывая то, что в последние годы для строительства вертолетных площадок применяют самые разнообразные материалы (грунт, армированный геосинтетиком, углепластиковые панели, алюмопластиковые панели, сталежелезобетонные конструкции), этот вопрос становится актуальным. Кроме того динамика взлёта и посадки вертолёта и самолёта в корне отличаются друг от друга.

В статье основное внимание уделено вопросу классификации вертолётов с учетом их конструктивных особенностей. В качестве основы для выполнения исследования выбран метод классификации, предложенный А.В. Родченко при выделении дополнительных подклассов нагрузки для сверхтяжёлых самолётов. Выполнен сравнительный анализ существующих и предложенной методик классификации.

### Решение проблемы

При определении силового воздействия вертолётов на покрытие вертодромов большое значение играют несколько факторов: максимальный взлётный вес вертолёта, конструкция главной опоры вертолёта (количество колес), давление в колесе главной опоры и распределение веса вертолёта между носовой и главными опорами. При конструировании вертолётов используется несколько типов шасси: колесное, ползковые, поплавковые, по типу «лодка» и комбинированные.

Поскольку вертолёты с поплавочными опорами или по типу «лодка» используются для решения узкого диапазона задач, в дальнейшем внимание будет уделено вертолётам с колёсным и ползковым шасси (рис. 1).

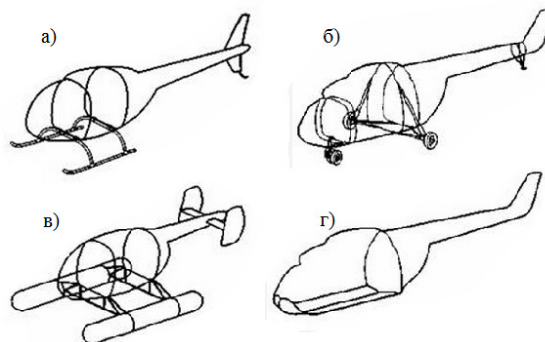


Рис. 1. Типы опор вертолётов: а) ползковое шасси; б) колёсное; в) ползковое; г) по типу «лодка»

Каждый из типов опор имеет свои преимущества и недостатки. Сравнивая колёсные и ползковые шасси следует отметить, что ползковые шасси легче, проще в эксплуатации, не требуют содержания, имеют меньшую стоимость по сравнению с колёсными, позволяют садиться вертолёту на слабые грунты. Но, с другой стороны, они имеют существенный недостаток – не позволяют выполнить взлет по типу самолета (с разбегом). Поэтому при неблагоприятных климатических условиях или перегрузке вертолёта их использование может быть ограничено, кроме этого ползковые шасси менее эффективно гасят энергию удара при приземлении вертолёта, также их невозможно использовать на тяжелых и сверхтяжелых вертолётах из-за больших размеров по сравнению с колесным шасси.

В таблице 1 приведены характеристики наиболее распространенных на территории СНГ вертолётов отечественного производства. Учитывая то, что сектор вертолетных перевозок в нашей стране только начинает свое возрождение в таблице 1 приведены характеристики большей части вертолётов, которые используются в Украине. В таблице также содержатся характеристики квадрокоптера Bell Boeing Quad TiltRotor – одного из крупнейших аппаратов в мире, хотя пока его серийный выпуск не налажен и характеристики вертолёта В-12 запроектированного во времена СССР, не выпускается серийно.

**Таблица 1.** Технические характеристики современных вертолётов

| Тип воздушного судна | Максимальный взлётный вес, т | Тип главной опоры | Нагрузка на главную опору, кН | Год начала эксплуатации |
|----------------------|------------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------|
| В-12                 | 105                          | Двух-колёсная     | 420,00                        | –                       |
| Ми-26                | 56,00                        |                   | 224,00                        | 1978                    |
| Ми-38                | 15,60                        | Одно-колесная     | 63,96                         | –                       |
| Ми-8                 | 13,00                        |                   | 52,00                         | 1964                    |
| Ка-27                | 12,00                        |                   | 46,80                         | 1981                    |
| Ми-24                | 11,50                        |                   | 47,15                         | 1971                    |
| Ка-29                | 11,50                        |                   | 46,58                         | 1987                    |
| Ка-32                | 11,00                        |                   | 44,00                         | 1986                    |
| Ка-62                | 6,50                         |                   | 26,00                         | –                       |
| Ми-2                 | 3,55                         |                   | 13,20                         | 1966                    |
| Bell Quad TiltRotor  | 45,0                         |                   | Двух-колёсная                 | 180,00                  |
| Bell V-22 Osprey     | 27,44                        |                   | 110,00                        | 2005                    |
| AW 101               | 15,60                        | Одно-колёсная     | 64,00                         | 2000                    |
| EC225                | 11,00                        |                   | 44,00                         | 2000                    |
| Agusta AW 139        | 6,40                         | Полосковое шасси  | 25,60                         | 2003                    |
| EC155 B1             | 4,95                         |                   | 2,48                          | 2002                    |
| EC145                | 3,59                         |                   | 1,8                           | 1999                    |
| Bell 429             | 3,18                         |                   | 1,59                          | 2007                    |
| Agusta AW 109 Power  | 2,85                         |                   | 1,43                          | 1997                    |
| EC120 B              | 1,72                         |                   | 0,86                          | 1997                    |
| R66 Turbine          | 1,23                         |                   | 0,62                          | 2010                    |
| R44 Raven II         | 1,13                         |                   | 0,57                          | 2002                    |

Принципы классификации вертолётов в Украине и за рубежом существенно отличаются. Согласно действующему нормативу, все вертолёты относят к соответствующему классу нагрузки по нагрузке на главную опору, всего выделяется 3 класса вертолётов: тяжелые, средние и легкие (табл. 2), в зависимости от нагрузки на главную опору. Но по рекомендации ИКАО выделяется 4 весовые категории вертолётов (табл. 2), в зависимости от максимального взлётного веса вертолёта.

Отличие в классификации вертолётов можно объяснить тем, что во времена СССР вертолёты зачастую использовались в сфере транспортных перевозок, частной авиации не существовало, равно как и сектора пассажирских вертолётных перевозок. В Европе же активно развиваются пассажирские вертолётные перевозки, производство вертолётов ориентировано в первую очередь на средние и легкие модели, поэтому и в классификации вертолётов

большее внимание уделено сегменту легких и средних моделей.

**Таблица 2.** Сравнительная таблица классификации вертолётов по СНиП 2.05.08-85 и согласно рекомендациям ИКАО

| СНиП 2.08.08-85 |   |
|-----------------|---|
| Класс вертолёта | Нормативная нагрузка на главную (условную опору), кН (тс) |
| Тяжёлые         | 170 (17)  |
| Средние         | 60 (6)  |
| Лёгкие          | 20 (2)  |
| ИКАО            |   |
| Класс нагрузки  | Максимальный взлетный вес, т                              |
| 1 класс         | 10 т и больше   |
| 2 класс         | 5 – 10  |
| 3 класс         | 2 – 5   |
| 4 класс         | до 2  |

Анализируя тенденции развития воздушного транспорта, отметим, что взлётный вес современных и перспективных вертолётов почти не увеличивается. Поэтому из всех существующих сверхтяжёлых вертолётов только Ми-26, Bell V-22 Osprey и Bell Boeing Quad TiltRotor имеют двухколёсное шасси, остальные вертолёты имеют одноколёсные главные опоры.

В связи с тем, что существующая классификация учитывает только вес вертолёта, вызывает интерес проверка классификации воздушных судов с учетом таких факторов как: давление в шине, диаметр отпечатка колеса, распределение веса между опорами, конфигурации главных опор. Для учета этих факторов целесообразно использовать классификационные числа ACN.

Вычисление классификационных чисел выполнялось в программе COMFAA (Computer Mode Federal Aviation Administration). Эта программа предназначена в первую очередь для вычисления классификационных чисел самолетов, имеет базу данных с наиболее распространенных самолетов гражданской авиации, транспортных и военных самолетов. Предусмотрена возможность введения в расчет любого воздушного судна, для этого необходимо указать основные характеристики шасси. С использованием этой программы были вычислены классификационные числа для вертолётов с колесным шасси (табл. 3), также вычислены классификационные числа для нормативных категорий нагрузки СНиП 2.05.08-85 (табл. 4) и для категорий нагрузки ИКАО (табл. 5). Достоверность полученных результатов подтверждается совпадением классификационных чисел полученных

в программе COMFAA результатам расчета по программам ACNR и ACNF. Вычисления были выполнены только для вертолётов с колёсным шасси, так как для ползковых шасси неприменимы характеристики колёсного шасси (такие как давление в пневматике, диаметр отпечатка колеса).

В таблице 4 приведены значения классификационных чисел для нормативных категорий нагрузки (по ICAO и СНиП 2.05.08–85).

На основании таблиц 1–4 была разработана сравнительная таблица отнесения вертолётов к соответствующей весовой категории на основании нормативного и предложенного метода классификации (классификация по СНиП 2.05.08–85 и ICAO).

При составлении таблицы были приняты следующие допущения:

- при отнесении вертолёта к соответствующей весовой категории с помощью классификационных чисел ACN учитывались только вертолёты с колёсными опорами;
- при классификации вертолётов Ми–26 и Bell Boeing Quad TiltRotor они были условно отнесены к классу тяжёлых, хотя нагрузка на основную опору превышает нормативные 17 т.

Результаты исследования представлены также графически (рис. 2, 3).

**Таблица 3.** Результаты расчета классификационных чисел для существующих вертолётов

| Модель вертолёта           | ACN для кода грунтового основания |      |      |      |
|----------------------------|-----------------------------------|------|------|------|
|                            | A                                 | B    | C    | D    |
| В–12                       | 71,6                              | 73,4 | 75,1 | 76,3 |
| Ми–26                      | 32,5                              | 34,0 | 35,2 | 36,2 |
| Ми–38                      | 9,5                               | 9,8  | 10,1 | 10,3 |
| Ми–8                       | 7,4                               | 7,7  | 8,0  | 8,2  |
| Ка–27                      | 6,7                               | 7,0  | 7,2  | 7,3  |
| Ми–24                      | 6,4                               | 6,7  | 7,0  | 7,2  |
| Ка–29                      | 7,0                               | 7,2  | 7,4  | 7,5  |
| Ка–32                      | 8,5                               | 8,5  | 8,5  | 8,5  |
| Ка–62                      | 3,8                               | 3,9  | 4,1  | 4,0  |
| Ми–2                       | 1,8                               | 1,9  | 1,9  | 1,8  |
| Bell Boeing Quad TiltRotor | 29,2                              | 30,0 | 30,8 | 31,4 |
| Bell V–22 Osprey           | 16,1                              | 16,8 | 17,3 | 17,8 |
| AW 101                     | 9,6                               | 9,9  | 10,1 | 10,3 |
| EC 225                     | 6,8                               | 7,0  | 7,2  | 7,3  |
| Agusta AW 139              | 3,7                               | 3,9  | 4,0  | 4,0  |

**Таблица 4.** Значения ACN для нормативных категорий нагрузки

| СНиП 2.05.08–85 |  |            |            |            |
|-----------------|--|------------|------------|------------|
| Класс нагрузки  | ACN в зависимости от типа грунтового основания |            |            |            |
|                 | A  | B          | C          | D          |
| Тяжёлые         | 9,3–26,9                                       | 9,6–27,7   | 9,9–28,4   | 10,0–29,0  |
| Средние         | 2,8–9,2  | 2,9–9,5    | 3,0–9,8    | 3,0–9,9    |
| Тяжёлые         | до 2,7   | до 2,8     | до 2,9     | до 2,9     |
| ICAO            |  |            |            |            |
| 1 класс         | 6,7 и выше                                     | 6,8 и выше | 7,0 и выше | 7,0 и выше |
| 2 класс         | 3,0–6,6  | 3,1–6,7    | 3,2–6,9    | 3,1–6,9    |
| 3 класс         | 1,3–2,9  | 1,3–3,0    | 1,4–3,1    | 1,1–3,0    |
| 4 класс         | до 1,2   | до 1,2     | до 1,3     | до 1,0     |

**Таблица 5.** Сравнительная характеристика

| СНиП 2.05.08–85 |  | По числу ACN  | ICAO  | По числу ACN   |
|-----------------|--|---|---|--|
| тяжёлые         | В–12, Ми–26, Ми–38, Bell Boeing Quad TiltRotor, Bell V–22 Osprey, AW 101 | В–12, Ми–26, Ми–38, Bell Boeing Quad TiltRotor, Bell V–22 Osprey, Agusta AW 101 | 1 класс<br>В–12, Ми–26, Ми–8, Ми–24, Ка–27, Ка–29, Ка–32, Ми–38, Bell Boeing Quad TiltRotor, Bell V–22 Osprey, AW 101, EC 225 | В–12, Ми–26, Ми–8, Ми–24, Ка–27, Ка–29, Ка–32, Ми–38, Bell Boeing Quad TiltRotor, Bell V–22 Osprey, AW 101, EC 225 |
|                 | средние  | Ми–8, Ми–24, Ка–27, Ка–29, Ка–32, Ка–62, EC 225, AW 139, EC 155B1               |   | Ми–8, Ми–24, Ка–27, Ка–29, Ка–32, Ка–62, EC 225, AW 139  |
| лёгкие          | Ми–2, EC 145, Bell 429, AW 109 Power, EC 120B, R66 Turbine, R44 Raven II | Ми–2  | 3 класс<br>Ми–2, EC 155B1, EC-145, Bell 429, AW 109 Power   | Ми–2   |
|                 |  |   | 4 класс<br>EC 120B, R66 Turbine, R44 Raven II-  | -  |

## Выводы

Анализируя полученные результаты отметим, что методики классификации вертолётов на основе веса вертолёта и классификационных чисел (табл. 6) дают одинаковый результат. Однако, сравнивая отечественную систему классификации и методику ICAO (рис. 1, 2) следует отметить несколько важных спорных моментов:

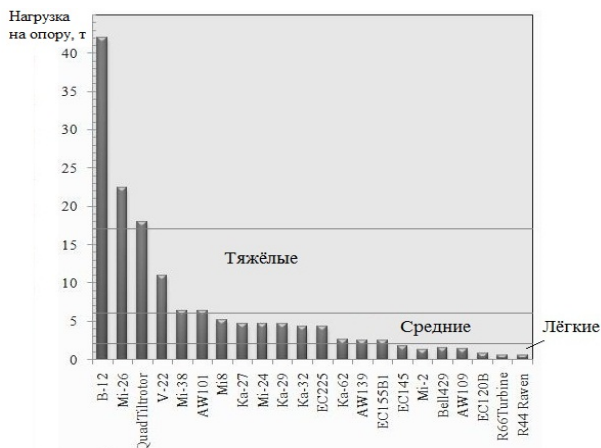


Рис. 2. Классификация вертолётов по СНиП 2.05.08–85

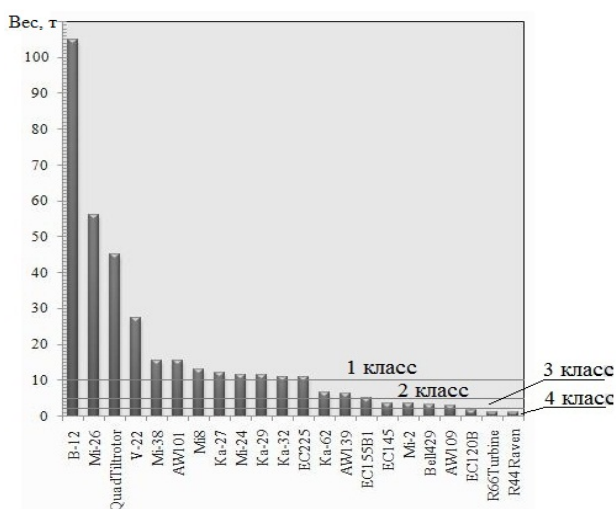


Рис. 3. Классификация вертолётов согласно ICAO

1) Согласно нормативной методике выделяется 3 класса вертолётов (по нагрузке на основную опору) – легкие, средние и тяжелые. Впрочем, максимальная нагрузка на опору ограничено 17 т, а у некоторых современных вертолётов (Ми–26, Bell Boeing Quad TiltRotor) этот показатель превышает предложенное значение.

2) Нагрузка от вертолётов очень сильно отличаются, например, ультралёгкие вертолёты весят меньше тонны, тяжелые вертолёты имеют взлетный вес более 50 т (Ми–26). Самый тяжелый вертолёт был спроектирован во времена СССР, В–12 имел взлетный вес 105 т и, хотя так и не было начато его серийное производство, не следует исключать возможность появления его аналогов в ближайшее будущее. Учитывая большой диапазон нагрузок, целесообразно будет разработать ряд типовых покрытий отдельно для каждого класса вертолётов,

поэтому вопрос классификации стоит особенно остро.

3) Недостаток классификации ICAO – недостаточно уделено внимание классу тяжелых вертолётов. к 1 классу по взлётному весу относятся как вертолёты с весом 10-15 т, так и тяжелые транспортные вертолёты (Ми–26 – 56 т, Bell Boeing Quad TiltRotor – 45 т, В–12 – 105 т), т.е. в пределах 1 класса нагрузки вес воздушных судов изменяется в 5–10 раз.

4) В дальнейшем предлагается использовать классификацию ICAO с введением дополнительного подкласса тяжелых вертолётов.

## Литература

- Fabre C., Balay J-M, M-2008. The Airbus Pavement Experimental Programme and High Tire Pressure Test. *3<sup>rd</sup> International Conference APT 2008, October 1-3, 2008*, 19 p. Available from Internet: [http://www.cedex.es/apt2008/html/ppt/WS1/WS1\\_The\\_Airbus\\_Pavement\\_Experimental\\_Programme.pdf](http://www.cedex.es/apt2008/html/ppt/WS1/WS1_The_Airbus_Pavement_Experimental_Programme.pdf)
- Roesler J., Evangelista F. Jr., Domingues M. 2007. Effect of gear positions on airfield rigid pavement critical stress location. *FAA Airport Technology Transfer Conference, Atlantic City, New Jersey, April. 2007*, 13 p. Available from Internet: <http://www.airporttech.tc.faa.gov/NAPTF/att07/2007/Papers/P07064%20Roesler%20et%20al.pdf>
- Hughes W. J.; J 2003 *Development of a computer program – COMFAA – for calculating pavement stiffness and strength*. Federal Aviation Administration Airport Technology Research and Development Branch. Technical Center Atlantic City International Airport New Jersey, 12 p. Available from Internet: <http://www.airporttech.tc.faa.gov/naptf/Downloads/p-32.pdf>
- Rodchenko O.V. 2007. *Teoretychni osnovy proektuvannya zhorstkyh pokryttiv aerodromiv na diji nadvazhkyh navantazhen*. Disertacija na zdobuttya stupenya kandydata technichykh nauk (05.22.11 – Bydivnyctvo avtomobilnyh shlyahiv ta aerodromiv). Kyiv, National Aviation University. 200 p. (in Ukrainian).
- Advisory Circular 150/5320-6E/ Airport Pavement Design and Evaluation*. – US Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2009. 116 p.
- Kenneth M.: Brandforpress, L. 2005. *Helicopters and other rotorcrafts since 1907*. London. 123 p.
- Ashford N. J.; Saleh M.; Paul H. W.; M. 2011. *Airport Engineering: planning, design, and development of 21<sup>st</sup> century airports* 4th ed. 769 p.
- Annex 14 to the Convention on International Civil Organisation. *Aerodromes Vol.2. Heliports*. International Standards and Recommended Practices. 3<sup>rd</sup> edition. 2009. 98 p.
- Kul'chickij, V.A.; Makagonov, V.A.; Vasil'jev, N.B.; Chekov, A. N.; Romankov, N. I. M. 2002. *Aerodromnyje pokrytija. Sovremennyj vzglyad*. PHIZMATLIT. 530 p.