

## Сравнительный анализ особенностей конструкций силовой установки и схем взлета зарубежных и отечественных палубных истребителей

© П.А. Дроговоз<sup>1</sup>, Н.В. Нижегородцев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

<sup>2</sup> ОАО «Российская самолетостроительная корпорация «МиГ»», Москва, 125284, Россия

*Рассмотрены проблемы технической реализации вертикальной и горизонтальной схем взлета и посадки палубных истребителей в России и за рубежом. Выполнен сравнительный анализ особенностей конструкции силовой установки палубных истребителей F-35 (США) и МиГ-29К (РФ), дана оценка рациональности их использования с учетом характеристики авианосцев и авианесущих крейсеров.*

**Ключевые слова:** палубный истребитель, силовая установка, схема взлета и посадки, паровая катапульта, взлетный трамплин.

Вскоре после Второй мировой войны стало очевидным, что наиболее уязвимой частью боевой авиации являются аэродромы, особенно взлетно-посадочные полосы и рулежные дорожки. Их поражение зачастую делает невозможными полеты самолетов обычного взлета и посадки. С целью радикального решения проблемы еще в 1950-е гг. в ряде стран были начаты работы по созданию самолетов вертикального или короткого взлета и посадки.

Идея использования таких самолетов особенно подходит для палубной авиации, которая базируется на авианесущих кораблях, где рулежные дорожки отсутствуют вовсе, а длина взлетно-посадочной полосы не превышает 300 м, в то время как длина наземной взлетно-посадочной полосы может достигать нескольких километров.

Палубная авиация — часть авиации воздушных сил государства, базирующаяся на кораблях и являющаяся их вооружением. Применяется в удаленных районах моря (океана), находящихся за пределами досягаемости авиации берегового базирования, предназначена для уничтожения кораблей и транспортов противника в море и базах, уничтожения самолетов, обеспечения действий корабельных соединений и морских десантов, нарушения или защиты океанских и морских коммуникаций, поражения наземных объектов, поддержки сухопутных войск. Палубная авиация зародилась во время Первой мировой войны.

Военно-морские силы США являются мировым лидером по количеству авианосцев: по состоянию на 2013 год 10 авианосцев находятся в составе флота, еще 1 находится в стадии строительства [1].

Многоцелевые авианосцы с базирующимся на них авиакрылом (75–85 самолетов) являются ядром авианосных ударных групп (АУГ) и авианосных ударных соединений (АУС), которые входят в состав

оперативных флотов ВМС США в Атлантическом, Тихом и Индийском океанах и Средиземном море. В XXI веке корабли этого класса останутся важнейшим средством ВМС США для завоевания и удержания господства на море, а также превосходства в воздухе над сухопутными театрами военных действий.

Именно эти громадные корабли и авиация различного назначения, базирующаяся на них, являются главной ударной силой флота. Формально подводные лодки с баллистическими ракетами превосходят авианосцы по разрушительному потенциалу. Но они, безусловно, являются оружием «судного дня» и не могут использоваться в «наведении мирового порядка», т. е. в войнах за ресурсы. Практически ни один из конфликтов с участием США не обошелся без использования авианосцев, а в некоторых из них они играли основную роль.

В силу того, что длина палубы авианесущего корабля по объективным причинам не может быть равной длине наземной взлетно-посадочной полосы, к самолетам корабельного базирования предъявляются требования по возможности взлета и посадки на полосы, размеры которых существенно меньше наземных.

В настоящее время данное требование можно удовлетворить двумя способами:

- за счет возможностей самолета — использование в самолете специальной конструкции силовой установки, позволяющей осуществлять вертикальный взлет и посадку на палубу корабля;
- за счет возможностей авианесущего корабля — использование вспомогательных средств авианесущего корабля, позволяющих самолетам с традиционной конструкцией силовой установки осуществлять взлет и посадку на палубу корабля.

Каждый из этих способов обладает как достоинствами, так и недостатками, которые будут рассмотрены ниже.

Идея использования специальной конструкции силовой установки, позволяющей осуществлять вертикальный взлет и посадку на палубу корабля, не нова. Первый полет самолета с такой конструкцией силовой установки состоялся в СССР в 1964 г. Им стал Як-36, послуживший опытным образцом для разработки и постройки самолета Як-38 — первого и пока единственного поступившего в эксплуатацию отечественного самолета с возможностью вертикального взлета и посадки. На рис. 1 показана конструкция силовой установки палубного самолета Як-38.

Принципиальная особенность такой конструкции силовой установки заключается в том, что в отличие от традиционной конструкции, где реактивная струя, выходящая из сопла двигателя, направляется в горизонтальной плоскости и тем самым толкает самолет вперед, здесь она направлена в вертикальной плоскости, что позволяет осуществлять вертикальный взлет и посадку. Так, самолет Як-38 был оснащен одним подъемно-маршевым двигателем и двумя подъемными двигателями, расположенными за кабиной пилота [2].

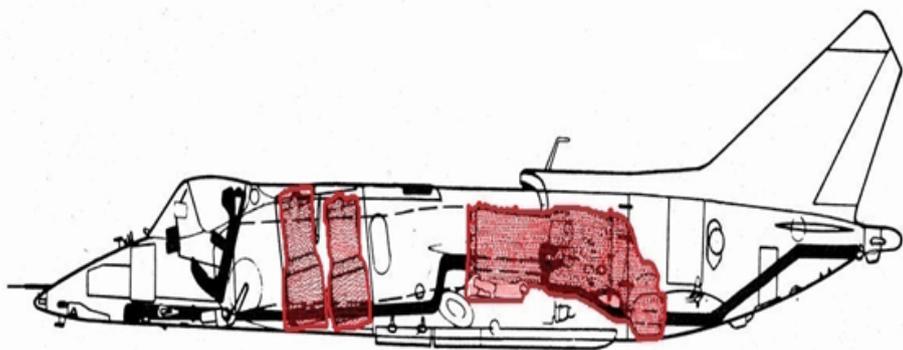


Рис. 1. Конструкция силовой установки самолета Як-38

Западные конструкторы также не обделили вниманием идею использования вертикального взлета и посадки самолета на палубу корабля, особенно в Великобритании, где флот составляет основу вооруженных сил государства. Английскими конструкторами в 1960-х гг. был разработан самолет Hawker Siddeley Harrier, первый полет которого состоялся в 1966 г., а на следующий год было начато его серийное производство, что сделало его первым в мире серийным самолетом вертикального взлета и посадки. На рис. 2 показана конструкция силовой установки палубного самолета Hawker Siddeley Harrier.

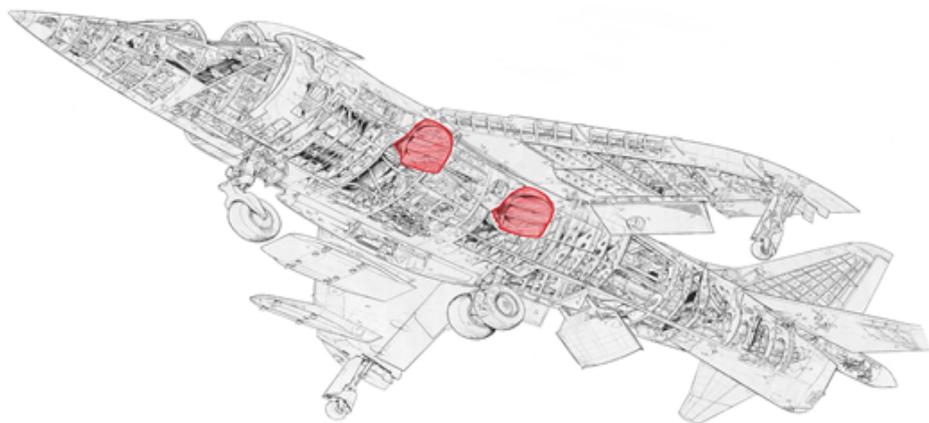


Рис. 2. Конструкция силовой установки самолета Hawker Siddeley Harrier

Британские инженеры выбрали иной путь в решении задачи вертикального взлета самолета. В отличие от Як-38 в Hawker Siddeley Harrier используется всего один двигатель — как для вертикального взлета, так и для основного полета. Этого удалось добиться за счет использования отклоняющихся патрубков (на рис. 2 выделены красным цветом), которые во время вертикального взлета направляют реактивную струю вниз, а после взлета поворачиваются на 90 градусов и направляют реактивную струю в горизонтальной плоскости [3].

Использование схемы вертикального взлета не лишено недостатков. В случае с Як-38 наибольшим недостатком являлись подъемные двигатели, располагающиеся за кабиной пилота. Они использовались только при взлете и посадке, а в остальное время полета были не востребованы. Это приводило к тому, что драгоценное место в фюзеляже самолета, где можно было бы разместить дополнительный запас топлива или боевых снарядов было занято неработающими двигателями. В результате использовались крайне низкий радиус боевого действия (250–370 км) и крайне малая боевая нагрузка (1000 кг).

Hawker Siddeley Harrier благодаря использованию всего одного двигателя был лишен этих недостатков. Его боевой радиус действия составлял 1200 км, а боевая нагрузка — 2270 кг. Но Harrier обладал другим недостатком: при использовании вертикального взлета или посадки, реактивная струя, направленная вертикально вниз, повреждала покрытие палубы корабля, что приводило ее в негодность.

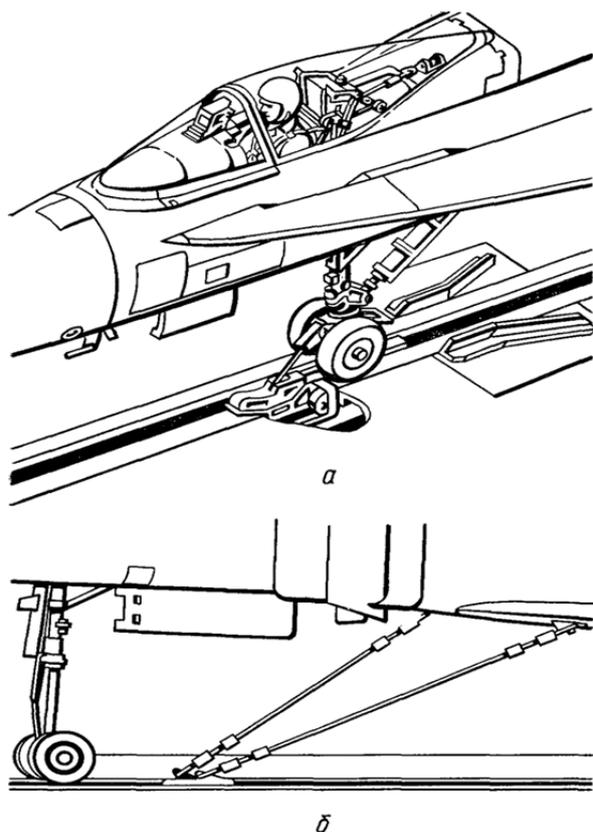
Следует отметить общий недостаток, присущий как Як-38, так и Hawker Siddeley Harrier. Оба самолета были способны взлетать вертикально только при одном условии — они либо должны быть не полностью заправленными топливом, либо нести не полный боевой комплект вооружения.

Указанные недостатки ставили под сомнение рациональность использования вертикального взлета и посадки. Не оставалось ничего иного как заставить взлетать с палубы корабля самолеты горизонтального взлета и посадки. В качестве таких самолетов были выбраны F/A-18 американского производства и Су-33 отечественного производства. Эти самолеты обладали большим радиусом действия (F/A-18 — 1065 км, Су-33 — 1 500 км) и могли нести существенно больший боевой запас (F/A-18 — 7030 кг, Су-33 — 6 500 кг). Но длина их разбега составляет порядка 700 м. Ни один авианосец, а уж тем более авианесущий крейсер, не обладает палубой такого размера. Поэтому для взлета и посадки самолетов с горизонтальной схемой взлета и посадки было решено использовать вспомогательные средства самих авианесущих кораблей.

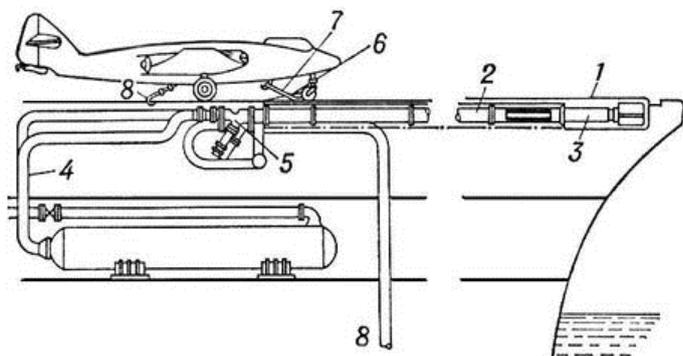
Под вспомогательными средствами авианосцев подразумевается использование паровой катапульты, располагающейся в подпалубном пространстве корабля, либо использование взлетного трамплина, располагающегося в носовой части. Запуск самолетов при помощи катапульты используется на кораблях ВМФ западных стран, а взлетный трамплин используется на авианесущем крейсере ВМФ Российской Федерации. Использовался он также на авианесущих крейсерах ВМФ СССР. В СССР велись работы по созданию паровой и даже электромагнитной катапульты, но по ряду причин они не были реализованы.

При использовании паровой катапульты самолет либо за переднее шасси, либо за специальные элементы крепления на фюзеляже тросом цепляют к цилиндру с поршнем, расположенному в подпалубном пространстве корабля. В цилиндр, имеющий длину 60–100 м, подают пар под давлением около 80 атмосфер. Под его действием

поршень начинает двигаться и разгоняет самолет до взлетной скорости. Схема крепления самолета к паровой катапульте показана на рис. 3, схема устройства паровой катапульты — на рис. 4.

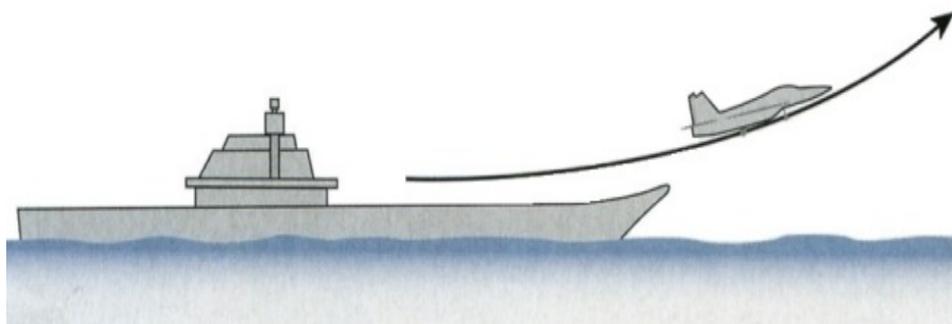


**Рис. 3.** Схема крепления самолета к паровой катапульте  
*a* — крепление осуществляется к переднему шасси самолета; *б* — крепление осуществляется к специальным элементам на фюзеляже самолета



**Рис. 4.** Схема устройства паровой катапульты  
 1 — полетная палуба; 2 — паровой цилиндр; 3 — тормозной цилиндр; 4 — труба парового коллектора; 5 — стартовый клапан; 6 — челнок; 7 — буксирный трос; 8 — задерживающее устройство

При использовании трамплина самолеты стартуют без катапульты: на старте двигатели выводятся на форсажный режим работы, затем самолет осуществляет разбег и прыжок с трамплина. В то время как двигатели выводятся на необходимый режим работы, самолет остается неподвижным благодаря специальным упорам, которые устанавливаются перед задними шасси. Затем упоры убираются, и самолет осуществляет взлет. Схема взлета при помощи трамплина показана на рис. 5.



**Рис. 5.** Схема взлета при помощи трамплина

Главными преимуществами трамплина перед катапультией стали простота конструкции и дешевизна.

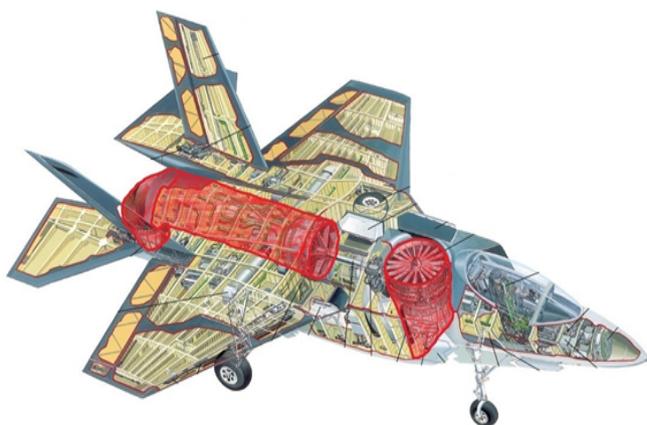
На первый взгляд, трамплин действительно обладает огромными преимуществами — он дешев, не требует паропроизводительной установки, обслуживания и ремонта, экономятся полезные объемы, вес, а значит — водоизмещение и стоимость самого корабля.

Однако все эти достоинства трамплина бледнеют в сравнении с его недостатками. Первым и самым главным преимуществам катапульты является более низкий порог чувствительности к условиям взлета, т. е. авианосец с катапультией может продолжать осуществление взлетных операций при более жестких параметрах качки, ветра, волнения и т. п. (в известных пределах, конечно), нежели корабль, оснащенный трамплином. Второе важнейшее преимущество катапульты — более высокий темп запуска самолетов. Темп запуска при трамплинном взлете замедляется не менее чем в 2 раза по сравнению с катапультным стартом. Также старт с трамплина обуславливает высокие требования к тяговооруженности самолета: двигатели выводятся на режим «полный форсаж» (или «чрезвычайный форсаж») до начала разбега, что приводит к преждевременной выработке их ресурса и повышенному расходу топлива. Кроме того, меньший темп подъема авиагруппы в воздух диктует условие более длительного ожидания в точке сбора, что также приводит к перерасходу топлива, уменьшению боевого радиуса и т. д. [5].

Самолеты вертикального взлета и посадки не оправдали возложенных на них надежд и в скором времени были заменены на само-

леты горизонтального взлета и посадки F/A-18 и Су-33. Но век и этих машин близится к концу, так как они поступали на вооружение в конце 1980-х — начале 1990-х гг. (срок службы самолета, установленный заводом-изготовителем, не превышает 25–30 лет).

Министерство обороны США намерено заменить палубные истребители F/A-18 горизонтального взлета и посадки на истребитель F-35 вертикального взлета и посадки. Министерство обороны РФ намерено заменить палубный истребитель Су-33 горизонтального взлета и посадки на истребитель МиГ-29К также горизонтального взлета и посадки. Конструкция силовых установок самолетов F-35 и МиГ-29К показана на рис. 6 и 7 соответственно.



**Рис. 6.** Конструкция силовой установки самолета F-35



**Рис. 7.** Конструкция силовой установки самолета МиГ-29К

Несмотря на отрицательный опыт как в СССР, так и в западных странах использования самолетов с силовой установкой, позволяющей осуществлять вертикальный взлет, американские инженеры вновь пытаются использовать эту идею, что не могло не вызвать обоснованную критику.

На рис. 8 показан принцип работы силовой установки самолета F-35, на рис. 9 — внешний вид силовой установки Pratt & Whitney F135-PW-600 для самолета F-35. Для того чтобы самолет мог вертикально взлетать и осуществлять посадку, пришлось использовать дополнительный двигатель (на рис. 9 выделен красным цветом), который занимает драгоценное место внутри фюзеляжа, уменьшая тем самым запас топлива самолета, что ведет к сокращению его радиуса действия. Занимаемое подъемным двигателем место лучше было бы отвести под размещение дополнительного боевого запаса, что особенно актуально для F-35, так как он является самолетом пятого поколения, что предъявляет дополнительные требования к такой характеристике, как малозаметность (это условие не будет выполняться, если вооружение размещается на внешних точках подвески, т. е. под крылом, поэтому весь боезапас F-35 размещается во внутренних отсеках фюзеляжа). Следует отметить, что масса подъемного двигателя силовой установки Pratt & Whitney F135-PW-600 составляет порядка 2000 кг, это одна треть полного запаса топлива самолета или равно массе боевой нагрузке самолета, т. е. при отсутствии подъемного двигателя самолет мог бы нести боевой запас в два раза больший, нежели в настоящий момент [5].

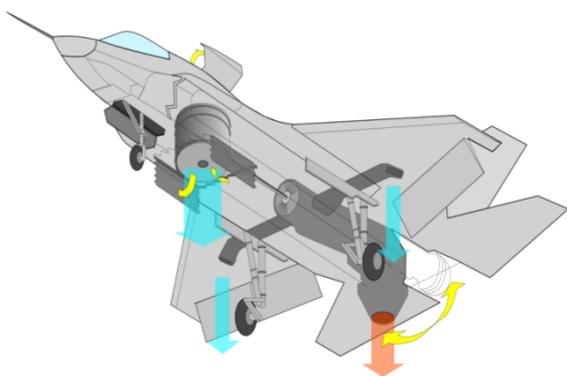


Рис. 8. Принцип работы силовой установки самолета F-35

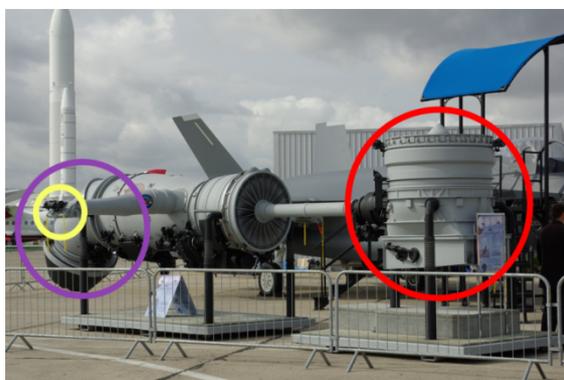


Рис. 9. Внешний вид силовой установки Pratt & Whitney F135-PW-600 для самолета F-35

Не остаются без критики специальные порты силовой установки (на рис. 9 выделены желтым цветом), располагающиеся в нижней поверхности крыла, обеспечивающие устойчивость самолета при зависании в воздухе. Дело в том, что механизмы, предназначенные для надежного запирания крышек этих портов, в настоящее время не справляются со своей задачей, и двигатель теряет часть своей мощности. Также использование сопла двигателя, отклоняющегося на 90 градусов во время вертикального взлета/посадки (на рис. 9 выделено фиолетовым цветом), вызывает тревогу в связи с использованием подобного механизма на самолете Як-38, из-за ненадежности которого он стал самым аварийным самолетом за всю историю (20% выпущенных самолетов было потеряно именно по этой причине).

Рациональность использования самолета с вертикальным взлетом и посадкой ставится под сомнение также по причине того, что существующие в ВМФ США авианосцы не испытывают проблем с запуском самолетов с традиционной конструкцией силовой установки (длина взлетной палубы находящихся в настоящее время в распоряжении ВМФ США авианосцев составляет 333 м), а новые авианосцы, поступление которых ожидается в 2015 г., имеют такие же размеры, как и их предшественники, и также будут оснащаться катапультной для запуска самолетов. На рис. 10 показан авианосец типа «Нимиц», в настоящее время находящийся на вооружении, а на рис. 11 показан авианосец типа «Джеральд Р. Форд», который должен в 2015 г. заменить его [6, 7].

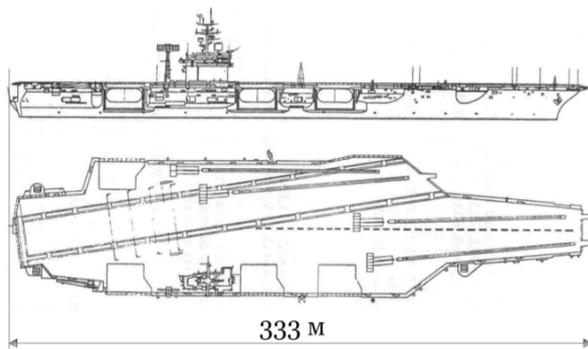


Рис. 10. Авианосец типа «Нимиц»

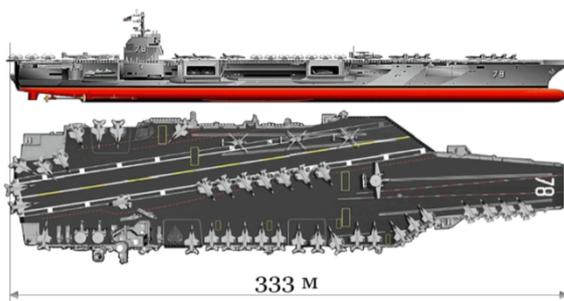


Рис. 11. Авианосец типа «Джеральд Р. Форд»

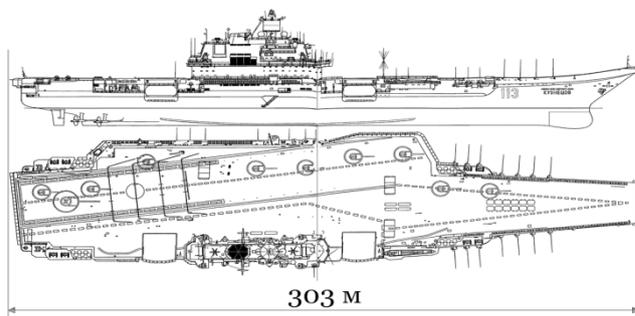


Рис. 12. Авианесущий крейсер «Адмирал Кузнецов»

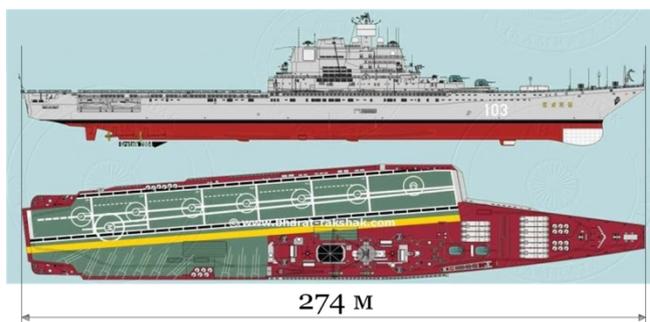


Рис. 13. Авианесущий крейсер «Адмирал Горшков»

В ВМФ России палубные истребители (Су-33 в настоящее и МиГ-29К в ближайшее время) базируются на авианесущем крейсере «Адмирал Кузнецов», длина палубы которого составляет 303 м (рис. 12). Также стоит отметить, что авианесущий крейсер «Адмирал Горшков» располагает палубой длиной 274 м (рис. 13). Данный авианесущий крейсер проходит предпродажную подготовку, а затем поступит на вооружение ВМФ Индии и будет носить название «Викрамадитья». На нем будут базироваться самолеты с традиционной схемой взлета МиГ-29К [8, 9].

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Палубная авиация. Ч. 1. США. [Электронный ресурс]. URL: <http://topwar.ru/27077-palubnaya-aviaciya-chast-1-ya-ssha.html>.
- [2] Авиационная энциклопедия «Уголок неба». Яковлев Як-38. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.airwar.ru/enc/fighter/yak38.html>.
- [3] Авиационная энциклопедия «Уголок неба». Hawker Siddeley Harrier. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.airwar.ru/enc/attack/harrgr1.html>.
- [4] Авиационная энциклопедия «Уголок неба». F-35 Lightning II. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.airwar.ru/enc/fighter/x35.html>.
- [5] Каким должен быть российский авианосец? Ч. V: Катапульты или трамплин? [Электронный ресурс]. URL: <http://flotprom.ru/publications/science/hull/russiancarrier/5/>.

- [6] Авианосцы типа «Нимиц». [Электронный ресурс].  
URL: [http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Авианосцы\\_типа\\_«Нимиц»&stable=1](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Авианосцы_типа_«Нимиц»&stable=1).
- [7] Авианосцы типа «Джеральд Р. Форд». [Электронный ресурс].  
URL: [http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Авианосцы\\_типа\\_«Джеральд\\_Р\\_Форд»&stable=1](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Авианосцы_типа_«Джеральд_Р_Форд»&stable=1)
- [8] Авианесущий крейсер «Адмирал флота Советского Союза Кузнецов». [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Адмирал\\_флота\\_Советского\\_Союза\\_Кузнецов&stable=1](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Адмирал_флота_Советского_Союза_Кузнецов&stable=1).
- [9] Авианесущий крейсер «Адмирал Горшков». [Электронный ресурс].  
URL: [http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Адмирал\\_Горшков\\_\(авианесущий\\_крейсер\)&stable=1](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Адмирал_Горшков_(авианесущий_крейсер)&stable=1).

Статья поступила в редакцию 26.07.2013

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Дроговоз П.А., Нижегородцев Н.В. Сравнительный анализ особенностей конструкций силовой установки и схем взлета зарубежных и отечественных палубных истребителей. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2013, вып. 3. URL: <http://engjournal.ru/catalog/machin/airborne/646.html>

**Дроговоз Павел Анатольевич** — заведующий кафедрой предпринимательства и внешнеэкономической деятельности МГТУ им. Н.Э. Баумана, доктор экономических наук, профессор. Автор свыше 70 научных работ, в том числе 8 монографий в области теории и методологии управления стоимостью бизнеса, организационно-экономического анализа и проектирования бизнеса, военно-гражданской интеграции, бизнес-информатики. e-mail: [drogovoz@gmail.com](mailto:drogovoz@gmail.com)

**Нижегородцев Николай Владимирович** окончил в 2013 году кафедру предпринимательства и внешнеэкономической деятельности МГТУ им. Н.Э. Баумана, работает в Российской самолетостроительной корпорации «МиГ». e-mail: [nnizhegorodtsev@gmail.com](mailto:nnizhegorodtsev@gmail.com)