

В.Л. Готтесман

Летающие модели вертолетов

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 656
ББК 39.1
В11

В11 **В.Л. Готтесман**
Летающие модели вертолетов / В.Л. Готтесман – М.: Книга по Требованию, 2024. – 134 с.

ISBN 978-5-458-47266-1

В книге приведены сведения и данные из аэродинамики, необходимые для проектирования, расчета и регулировки летающих моделей самолетов. Описаны и систематизированы конструкции летающих моделей самолетов. Книга рассчитана на авиамodelистов, имеющих уже некоторый опыт работы, руководителей и инструкторов авиамodelьных кружков и работников авиамodelьных лабораторий и кабинетов.

ISBN 978-5-458-47266-1

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

1. ВЕРТОЛЕТЫ

1.1. НЕМНОГО ИСТОРИИ

Первым историческим документом, связанным с идеей создания вертолета, является, несомненно, рисунок, выполненный в 1475 г. великим итальянским художником и ученым Леонардо да Винчи. На рисунке изображен проект летательного аппарата, который должен был взлетать вертикально с помощью винта, приводимого во вращение мускульной силой человека (рис. 1.1). Сейчас мы знаем, что аппарат Леонардо да Винчи не мог подняться в воздух. Однако, несмотря на то, что проект гениального итальянца не был реализован, о нем стоит упомянуть хотя бы с исторической точки зрения как о впервые сформулированной идее летательного аппарата тяжелее воздуха.

Следующее упоминание о работах над вертолетом относится к XIX веку, когда французы Лонуа и Бьенвеню построили модель вертолета (рис. 1.2). Это было в 1875 году. Вообще в XIX в. многие работали над конструкцией вертолета. Появилось большое число различных проектов. В связи с этим стоит упомянуть такие имена, как Кэйли, д'Амекур, Пено, Форланини.

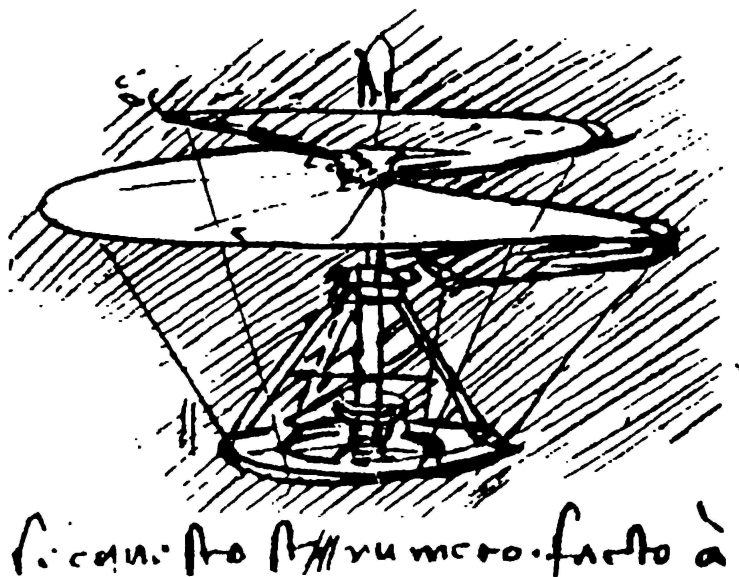


Рис. 1.1. Проект летательного аппарата — эскиз Леонардо да Винчи.

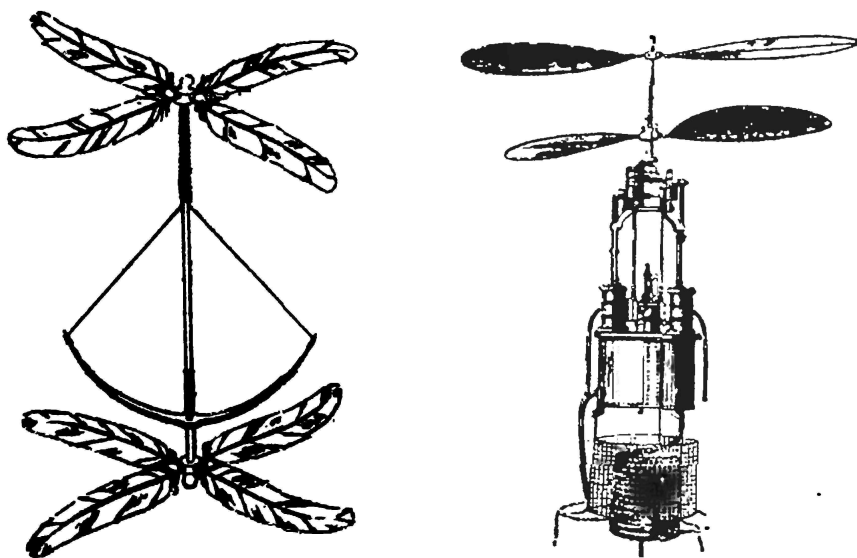


Рис. 1.2. Оригинальные рисунки моделей вертолетов Лонуа и Бьенвеню (слева) и Понтон д'Амекура (справа).

В 1905 году француз М. Леже создал вертолет с двумя противоположно вращающимися винтами, приводимыми в движение электродвигателем. Этот аппарат мог на некоторое время отрываться от земли. Такие же короткие полеты совершал вертолет, созданный (тоже во Франции) конструкторами Бреге и Рише. В 1912 г. на выставке в Москве Юрьев продемонстрировал вертолет, за который он получил золотую медаль. Среди пионеров вертолетостроения был и поляк — Чеслав Таньский, построивший в 1907 г. модель вертолета с двумя соосными винтами, которые приводились в движение руками.

Во время первой мировой войны Карман и Петроцци в Австро-Венгрии сделали вертолет, который поднимался на 50 метров и держался в воздухе в течение часа.

Во время испытаний, проведенных в 1932 г., вертолет, созданный советскими конструкторами под руководством Изаковского и Черемухина, поднимался на высоту 600 м.

В 1937 г. установлено несколько рекордов на вертолете FW-61, сконструированном немецким инженером Фокке.

Во время второй мировой войны работы над вертолетами проводились только в Советском Союзе (Братухин, Камов, Миль) и Соединенных Штатах (Пясецкий, Сикорский).

Впервые вертолет стал практически применяться только с 1943 года. Это был вертолет, созданный в Соединенных Штатах Сикорским.

Первым польским летающим вертолетом был «Жук» конструкции В. Жураковского. Полеты этого вертолета начались в 1950 г. В настоящее время Польша принадлежит к группе стран, играющих значительную роль в вертолетостроении.

1.2. ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРТОЛЕТОВ

Современное состояние науки и техники позволяет проектировать и строить вертолеты с различными характеристиками и назначением в зависимости от предъявляемых требований и технических возможностей.

В настоящее время вертолеты широко применяются в различных областях народного хозяйства. Благодаря своим неоспоримым достоинствам, к которым прежде всего следует отнести возможность вертикального взлета и посадки, а также висения, вертолеты могут успешно использоваться в труднодоступных районах, лишенных аэродромов, и выполнять работы, в которых применить самолеты невозможно. Так, например, кроме повсеместного применения в военном деле они используются в санитарной авиации для оказания медицинской помощи и транспортировки больных, для спасения терпящих бедствие и доставки материалов в труднодоступные районы. Вертолеты широко применяются в сельскохозяйственных работах (для внесения удобрений и борьбы с вредителями), для перевозки людей и почты в районах, не имеющих транспортного сообщения, а также в монтажных работах, когда использовать подъемный кран трудно или невозможно. К последней группе работ относятся монтаж мачт линий электропередач, укладка трубопроводов, строительство плотин, мостов и высотных зданий. В последнее время создаются вертолеты-гиганты, специально предназначенные для транспортировки особо больших и тяжелых грузов. Они имеют специальное устройство для закрепления груза под фюзеляжем.

Вертолеты успешно применяют для наблюдения за большими лесными массивами и тушения пожаров. Благодаря возможности посадить спасательную команду в любом месте очаги пожаров могут быть ликвидированы прежде, чем они распространятся на большие пространства. Вертолеты можно использовать в различного рода геологических исследованиях, если оборудовать их специальной научной аппаратурой, а также для аэрофотометрии, т. е. для фотографирования земли с воздуха в топографических целях. В некоторых странах они применяются также в морском рыболовстве для обнаружения косяков рыб и патрулирования границ рыболовной зоны.

Конечно, в этом кратком обзоре не охвачены все возможные применения вертолетов, но уже из него ясно, что таких возможностей очень много.

Принимая во внимание большое и все возрастающее значение вертолета для многих областей народного хозяйства, конструкторы всего мира продолжают интенсивно работать над совершенствованием его конструкции.

1.3. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ВЕРТОЛЕТОВ

Как уже говорилось, вертолеты имеют ряд достоинств, благодаря которым стало возможным их столь широкое применение. Остановимся на самых важных из этих достоинств.

1. *Возможность вертикального взлета и посадки.* Благодаря этому свойству вертолет можно применять в условиях сложного рельефа местности, где нет аэродромов, необходимых для взлета и посадки самолетов. Для взлета и посадки вертолета достаточно относительно малого пространства, не намного большего, чем занимает сам вертолет. Это могут быть небольшие лесные поляны, речные отмели, террасы в горах, палубы судов и даже крыши домов, специально для этого оборудованные. Взлет и посадка по вертикали дают огромное преимущество вертолету по сравнению с самолетом классической схемы, благодаря чему он может быть использован там, где применение самолета невозможно.

2. *Способность висения.* Способность вертолета совершать полет, в котором как горизонтальная, так и вертикальная скорости относительно земли равны нулю, в сочетании с возможностью забирать или высаживать пассажиров, не приземляясь, дает вертолету дополнительное преимущество перед самолетом. Для загрузки и разгрузки вертолета без посадки его оснащают специальными подъемно-транспортными механизмами.

3. *Большой диапазон изменения скорости полета.* Известно, что самолет не может летать со скоростью, меньшей некоторой минимальной, определяемой типом самолета. Слишком малая скорость грозит потерей подъемной силы и управляемости самолета и, как следствие, катастрофой, если полет совершается на малой высоте. В отличие от самолета вертолет может летать с любой скоростью, начиная от нулевой и кончая заданной максимальной.

К основным недостаткам вертолета, независимо от аэродинамических характеристик его конструкции, относятся:

- небольшая в сравнении с самолетом максимальная скорость горизонтального полета;
- вибрации и тряска во время полета, которые неприятны, а иногда и небезопасны;
- высокая стоимость конструкции вертолета, сложные и дорогие двигательные установки и системы управления.

Несмотря на эти недостатки, вертолеты находят все более широкое применение. Следует ожидать, что дальнейшее совершенствование конструкции и устранение упомянутых недостатков откроют новые области применения вертолетов, и значение их в жизни людей станет еще больше, чем в настоящее время.

1.4. СХЕМЫ ВЕРТОЛЕТОВ

Вертолеты классифицируются по различным критериям в зависимости от их характерных особенностей. Так, вертолеты можно классифицировать по количеству несущих винтов, их расположению, конструкции привода несущего винта, способу парирования крутящего момента, назначению и т. д.

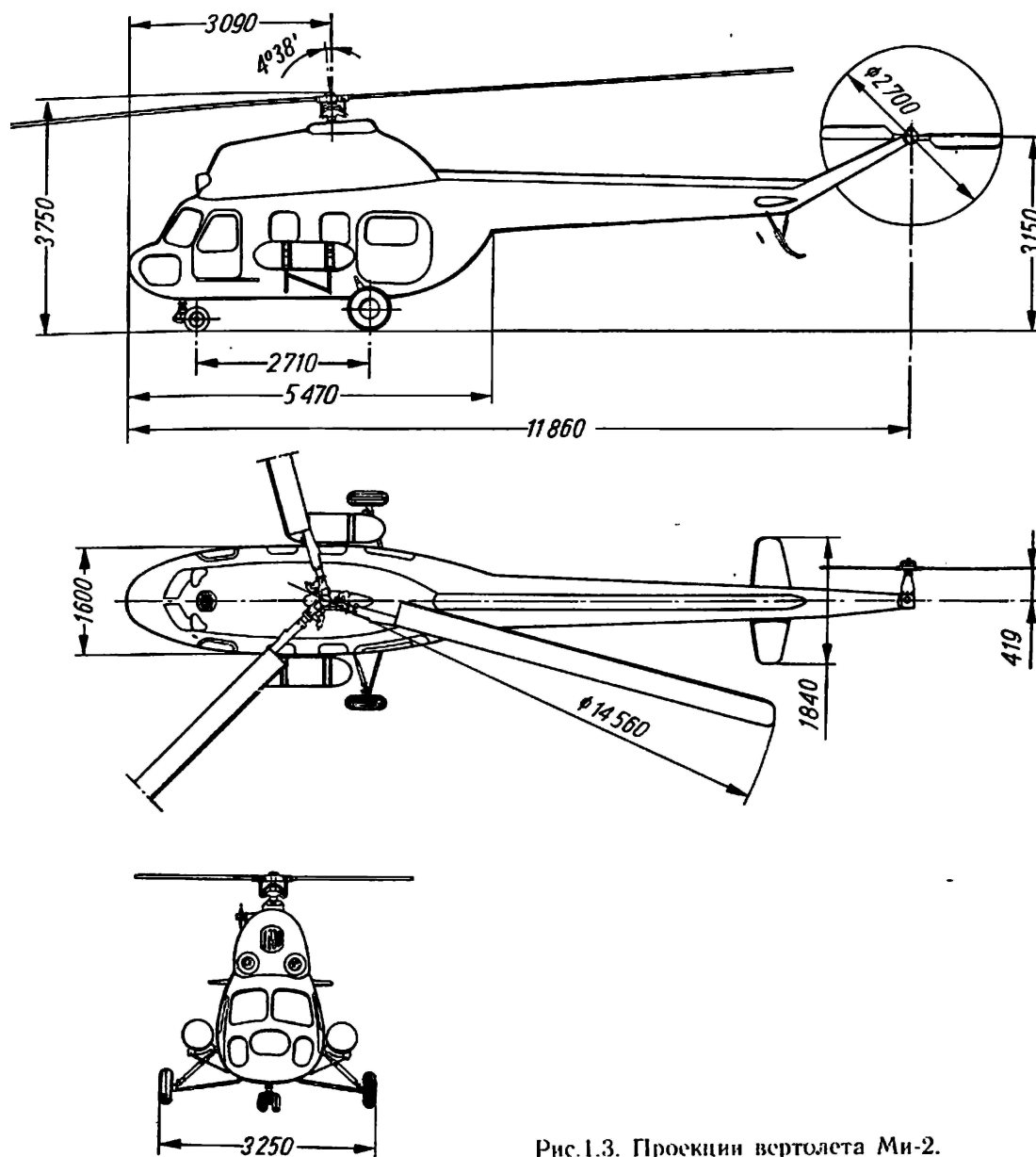


Рис.1.3. Проекция вертолета Ми-2.

Наиболее простой, но достаточно полной для моделистов классификацией можно, пожалуй, считать следующую:

а) одновинтовая схема; б) двухвинтовая продольная схема; в) двухвинтовая поперечная схема; г) двухвинтовая соосная схема; д) двухвинтовая поперечная схема с большим перекрытием винтов (синхроптер); е) многовинтовая (более двух винтов) схема.

Обсудим кратко аэродинамические и конструктивные особенности этих схем вертолетов с точки зрения авиамоделизма.

Одновинтовая схема по исполнению проще других; по этой причине большинство известных в настоящее время моделей вертолетов построено по этой схеме (рис. 1.3).

У вертолетов *одновинтовой* схемы крутящий момент несущего винта, как правило, парируется рулевым винтом, выполняющим одновременно роль средства управления относительно вертикальной оси. Самым важным достоинством *одновинтовой* схемы является относительная простота конструкции привода винта и системы управления. К недостаткам этой схемы следует отнести необходимость длинного фюзеляжа, чаще всего в виде балки или фермы с рулевым винтом, размещенным на ее конце. Это затрудняет балансировку конструкции и требует от нее способности выдерживать значительные моменты от хвостовой балки, особенно при жесткой посадке. Наличие рулевого винта также невыгодно с энергетической точки зрения, так как для его вращения требуется определенная мощность, отбираемая от двигателя. В *одновинтовой* схеме могут быть использованы и другие способы уравнивания крутящего момента несущего винта, но их эффективность невелика. Поэтому они здесь не рассмотрены и не отражены в классификации.

У вертолетов *двухвинтовой продольной* схемы несущие винты располагаются один за другим (рис. 1.4). Эти винты могут приводиться как общим двигателем, так и каждый своим. Взаимное влияние винтов в вертикальном полете и на режиме висения настолько мало, что им можно пренебречь. Чтобы уменьшить это влияние в горизонтальном полете, задний винт располагается выше плоскости вращения переднего винта. В *двухвинтовой* схеме поверхности, ометаемые лопастями винтов, при виде сверху представляют собой два отдельных либо два перекрывающихся круга (рис. 1.5). При небольшом перекрытии винтов потери в подъемной силе настолько малы, что ими можно пренебречь. Крутящие моменты уравниваются автоматически вследствие противоположности направлений вращения винтов. При этом нет необходимости в дополнительных устройствах балансировки, что является преимуществом по сравнению с *одновинтовой* схемой.

К преимуществам *двухвинтовой продольной* схемы относятся также хорошая продольная устойчивость, большая грузоподъемность, хорошая управляемость, большой объем фюзеляжа, а также возможность уменьшить диаметр несущих винтов. Недостатком этой схемы является большая масса системы синхронизации винтов, а также большое лобовое сопротивление широкого, как правило, фюзеляжа.

В *двухвинтовой поперечной* схеме несущие винты располагаются по разные стороны фюзеляжа на специальных консолях, выполненных в виде крыльев или ферм (рис. 1.6). Для парирования крутящего момента на таких вертолетах, как и в *двухвинтовой продольной* схеме, принимаются противоположные направления вращения винтов. Вертолеты с несущими винтами, расположенными на крыловидных консолях, в горизонтальном полете получают определенное преимущество благодаря дополнительной подъемной силе, и наоборот, на режимах висения и вертикального полета возникают потери из-за большого вредного сопротивления, вызванного

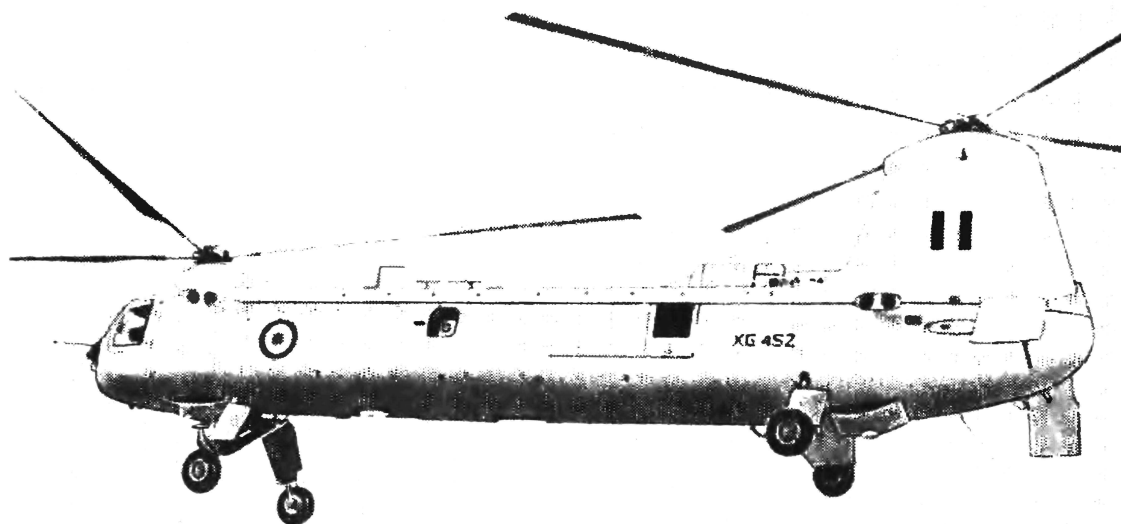


Рис. 1.4. Вертолет двухвинтовой продольной схемы «Бельведер».

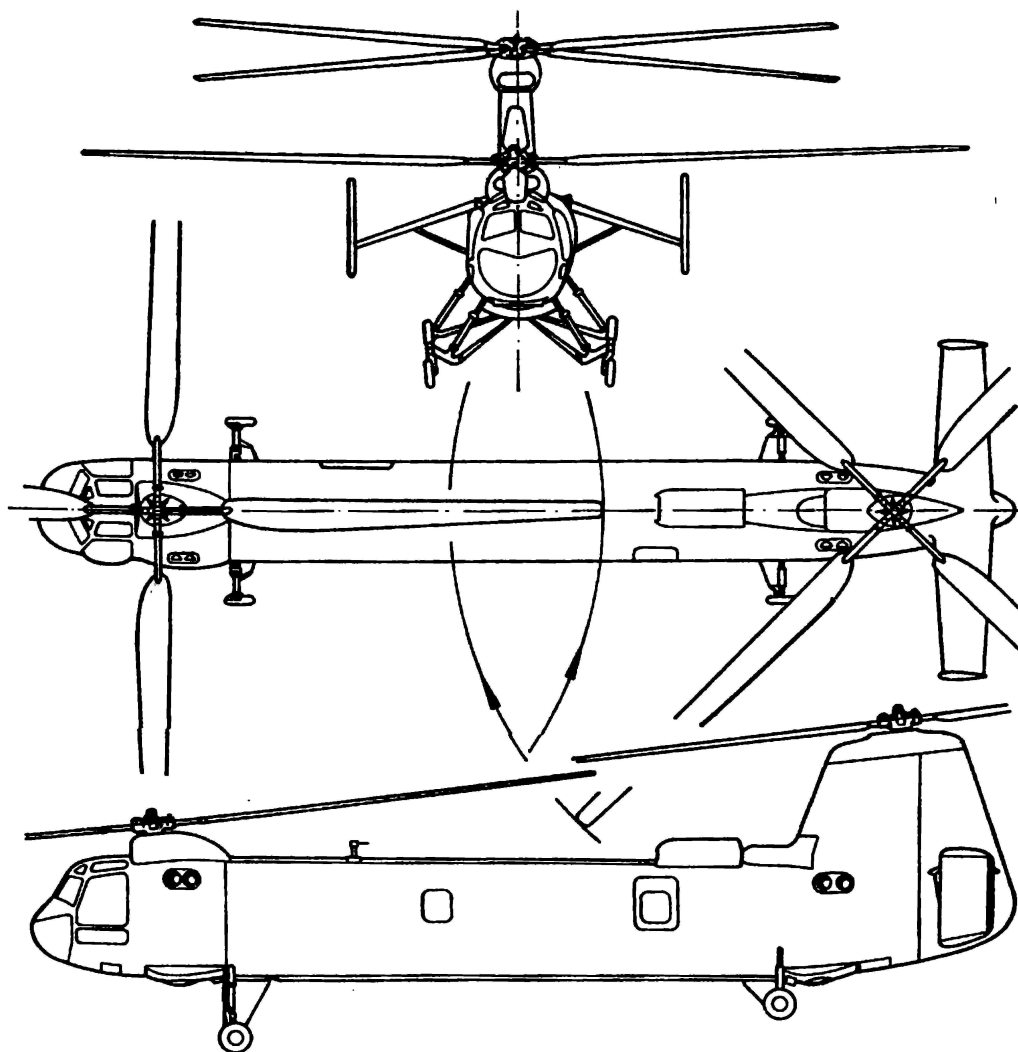


Рис. 1.5. Проекция вертолета двухвинтовой продольной схемы «Бристоль-192».

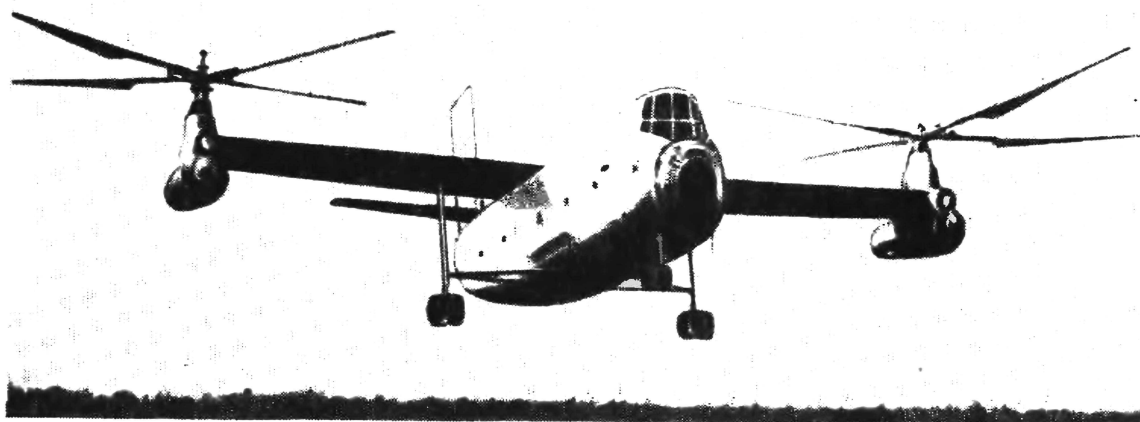


Рис. 1.6. Советский вертолет двухвинтовой поперечной схемы конструкции Камова.

тем, что значительная часть поверхности крыла расположена перпендикулярно направлению струи несущего винта. К преимуществам схемы относятся хорошая управляемость при достаточном запасе поперечной и продольной устойчивости, а также отсутствие рулевого винта. Существенным недостатком этой схемы являются относительно тяжелая система синхронизации винтов и большое лобовое сопротивление вертолета в целом (особенно в случае, когда поддерживающие винты консоли выполнены в виде ферм).

В *двухвинтовой соосной схеме* несущие винты расположены на общей оси вращения (рис. 1.7) — вал верхнего винта проходит через полую ось нижнего. Противоположность направлений вращения винтов обеспечивает уравнивание крутящих моментов, поэтому также отпадает необходимость в рулевом винте. Управление вертолетом соосной схемы относительно вертикальной оси осуществляется путем изменения (в противоположные стороны) углов установки лопастей верхнего и нижнего винта, т. е. ценой нарушения компенсации крутящего момента. Кили, расположенные, как правило, на относительно коротком фюзеляже такого вертолета, обеспечивают необходимую путевую устойчивость. Соосная схема позволяет создавать легкие и компактные вертолеты с малыми моментами инерции (благодаря короткому фюзеляжу), имеющие, однако, много существенных недостатков, таких, как недостаточная путевая устойчивость, сложная система управления двумя винтами, сложная система привода винтов, взаимное влияние винтов, возможность столкновения лопастей винтов во время резкого маневрирования вертолета.

В двухвинтовой поперечной схеме типа *синхроптер* несущие винты располагаются на отдельных осях, отклоненных наружу относительно фюзеляжа на определенный угол (рис. 1.8). Несмотря на противоположность направлений вращения винтов, в этой схеме возникает некоторый дестабилизирующий момент. Между винтами должна быть обеспечена жесткая синхронизация, поскольку поверхности, ометаемые лопастями винтов, пересекаются (винты как бы «входят в зацепление»). Схема синхроптера никакими особыми преимуществами не обладает, но зато имеет множество существенных не-

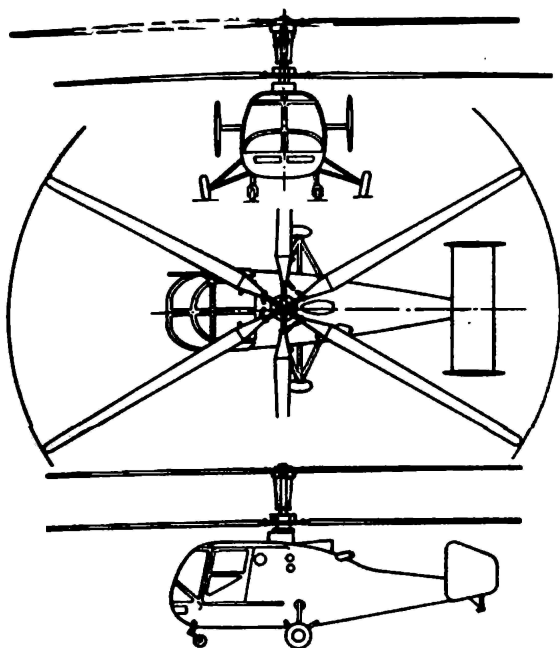


Рис. 1.7. Советский вертолет двухвинтовой
схемы Ка-15 конструкции Камова.



Рис. 1.8. Американский синхронгер «Каман»
Н-43В.

достатков. Поэтому более подробно останавливаться на ней не имеет смысла.

Многовинтовая схема может применяться с целью увеличения грузоподъемности вертолета. Так как с увеличением диаметра винта его масса быстро возрастает, применение нескольких винтов меньшего диаметра может быть выгоднее с точки зрения уменьшения общей массы вертолета. Однако до сих пор многовинтовые схемы не нашли применения. Даже очень большие вертолеты с огромной грузоподъемностью чаще всего строят по одновинтовой схеме. При этом необходимое увеличение силы тяги достигается путем увеличения диаметра несущего винта и числа лопастей.

1.5. КОНСТРУКЦИЯ ВЕРТОЛЕТА

Конструкции всех типов вертолетов мы рассматривать здесь не будем, а ограничимся вертолетами одновинтовой схемы, так как эта схема нашла наибольшее распространение в авиамоделизме.

Одним из наиболее ответственных агрегатов вертолета является несущий винт. Несущий винт выполняет у вертолета те же функции, что и крылья у самолета, создавая необходимую для полета подъемную силу. Кроме того, благодаря специальным устройствам он служит для управления вертолетом. С этой точки зрения несущий винт должен отвечать особенно высоким техническим требованиям, тем более что он работает в чрезвычайно напряженных условиях (большие инерционные, в том числе центробежные силы, изгибающие моменты, вибрации и т. д.). В зависимости от конструкции несущие винты, чаще всего используемые в вертолетах, можно разделить на две группы:

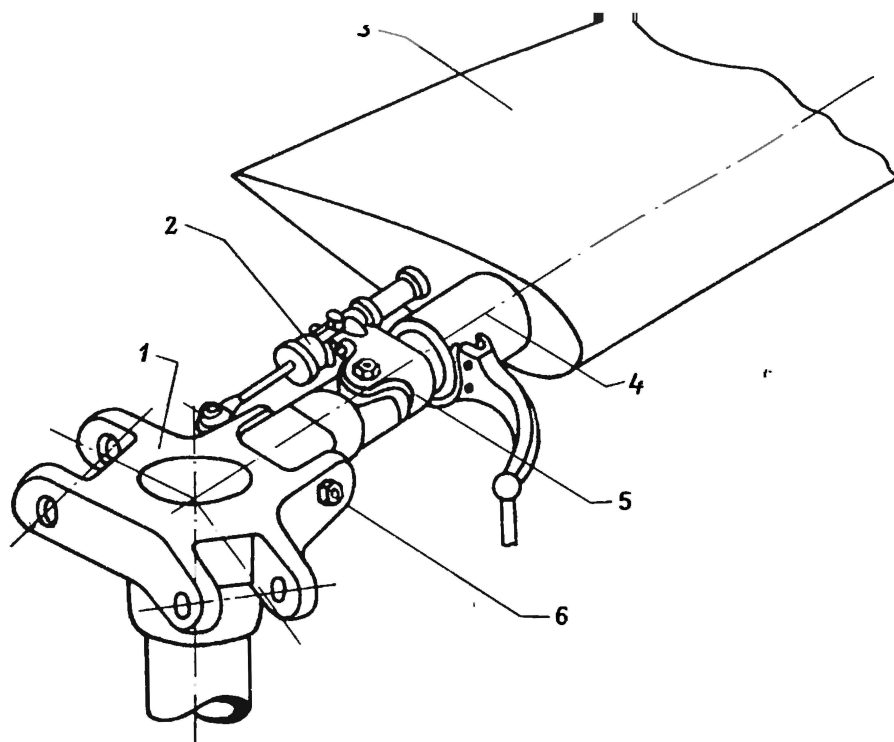


Рис. 1.9. Шарнирный несущий винт.

1 — ступица втулки; 2 — демпфер; 3 — лопасть; 4 — осевой шарнир; 5 — вертикальный шарнир; 6 — горизонтальный шарнир.

— шарнирные винты (с лопастями, шарнирно прикрепленными к втулке);
— карданные винты (с лопастями, жестко прикрепленными к втулке).

На рис. 1.9 схематично показан шарнирный несущий винт. Видно, что втулка этого винта, жестко соединенная с валом винта, имеет вертикальные и горизонтальные шарниры, посредством которых подвешены лопасти. Благодаря шарнирам лопасти могут перемещаться в вертикальной плоскости (на горизонтальных шарнирах) и в горизонтальной плоскости (на вертикальных шарнирах). Кроме того, лопасти могут поворачиваться вокруг своих продольных осей благодаря так называемым осевым шарнирам.

У несущего винта второго типа втулка крепится к валу с помощью шарнира Кардана, а лопасти закреплены во втулке лишь посредством осевых шарниров. Таким образом, лопасти могут поворачиваться относительно втулки только вокруг своей продольной оси, изменяя угол установки. Однако, поскольку втулка, закрепленная на валу винта с помощью карданного шарнира, может наклоняться во все стороны, лопасти имеют те же самые степени свободы (возможности перемещаться), что и у шарнирного винта. Карданный винт показан на рис. 1.10.

Основными частями несущего винта являются втулка, лопасти и автомат перекоса.

Втулка служит для крепления лопастей, обеспечивающего им необходимые степени свободы, а также для передачи крутящего момента с вала винта. Конструкция втулки определяется прежде всего типом винта. Втулки