

ВАЛЕНТИН НАЙДОВСЬКИЙ

Мікро- ВЕРТОЛЬОТИ НА СТАРТІ

ВИДАВНИЦТВО ДИТЯЧОЇ ЛІТЕРАТУРИ «ВЕСЕЛКА»
КИЇВ 1969

6Т5.5
Н20

Це посібник юним будівникам
малого вертольотного флоту. В
ньому розповідається про основні
схеми моделей вертольотів, про
переваги одних схем і вади ін-
ших, наведено найпростіші мате-
матичні розрахунки мікромаши-
нього спортивного класу та де-
тально розглянуто кілька ціка-
вих конструкцій, які свого часу
показали на змаганнях блискучі
результати.

Оформлення
В. ТЕРНАВСЬКОГО

7—3—6
207—69М

*Присвячується другові й наставникові
харківських модельєрів
Борисові Романовичу Бельманові*

Вертоліт не має таких, як у літака, крил. Підймальну силу в нього створює великий несучий гвинт, який обертається над ним. Ця машина може зависати в повітрі, злітати або сідати на крихітній площадці, а то й на пласкому дахові висотного будинку. Він не має потреби в аеродромах, і завдяки цьому вертольоти все більше й більше застосовують у народному господарстві нашої великої Батьківщини.

Радянські вчені й інженери створили потужні вертольоти, які за своїми якостями не поступаються перед кращими іноземними.

Перші вертольоти знялися в небо на початку нашого століття, а ідею цієї літальної машини запропонував великий італійський вчений, інженер і художник Леонардо да Вінчі ще в 1475 році. У втіленні ідеї Леонардо в життя велику роль відіграли моделі цих машин. Першу модель вертольота з співвісними гвинтами, які оберталися за допомогою пружинного механізму, зробив великий російський учений М. В. Ломоносов у 1739 році. Модель не літала, але, зважуючи її на терезах, коли оберталися гвинти, вчений помітив, що вона стає значно легшою. І, певно, якби пружинний механізм був потужніший, модель могла б злетіти в повітря.

Моделі й зараз допомагають у великому вертольотобудуванні. Ось ви навчаєтесь у школі, але мине якийсь час—і кожний з вас закінчить своє навчання в її стінах. Багато

підє вчитися в інститути, а багато одразу стане до верста-
тив. І, певно, декотрим доведеться своїми руками проекту-
вати, створювати ці чудесні повітряні машини. Але вчитися
цього треба вже тепер — на шкільній лаві. Практичні на-
вички, які ви здобудете, допоможуть вам стати висококвалі-
фікованими робітниками, інженерами, вченими. Бути
авіамоделістом, окрім усього, дуже цікаво. Авіамоделізм —
захоплюючий вид спорту. З 1967 року в нашій країні про-
водяться Всесоюзні змагання моделей вертольотів. На жаль,
літератури з вертольотомоделювання досі є не густо. Автор
сподівається, що його невеличка книжечка стане в пригоді
юним авіамоделістам.

СХЕМИ МОДЕЛЕЙ ВЕРТОЛЬОТІВ З МЕХАНІЧНИМИ ДВИГУНАМИ

Розпочнемо свою розповідь про вертольотомоделювання з того, які бувають схеми моделей вертольотів. Проте, щоб розповідь була зрозумілою для кожного, пояснимо спочатку деякі терміни, що їх нам тут доведеться вживати.

ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ЇХНЄ ВИЗНАЧЕННЯ

Несучий гвинт вертольота — це повітряний гвинт, який, обертаючись, створює підймальну силу, тобто «несе» вертоліт.

Тяга несучого гвинта — це підймальна сила, створена несучим гвинтом внаслідок обертання.

Вісь обертання несучого гвинта — умовна пряма, що довкіл неї обертається несучий гвинт.

Лопать несучого гвинта — довге й вузьке гвинтове крило.

Втулка несучого гвинта — вузол у центрі обертання несучого гвинта, що до нього кріплять лопаті.

Діаметр несучого гвинта — діаметр кола, описаного через крайні точки на кінцях лопатей.

Обмітаюча площа — площа кола, діаметр якого дорівнює діаметрові несучого гвинта.

Площина обертання несучого гвинта — площина, у якій обертаються лопаті несучого гвинта.

Опір несучого гвинта — сила протидії повітря обертанню несучого гвинта.

Реактивний момент несучого гвинта — момент, що

виникає під час обертання несучого гвинта внаслідок опору повітря. Він прагне повернути вертоліт супроти обертання несучого гвинта.

Профіль лопаті — форма поперечного перетину лопаті.

Хорда лопаті — пряма, відносно якої викреслюють профіль лопаті.

Центр ваги лопаті — точка рівноваги лопаті.

Установочний кут лопаті — кут, утворюваний хордою лопаті та площиною обертання несучого гвинта.

Авторотація — спуск вертольота, коли несучий гвинт обертається, але розкручується він не двигуном, а потоком стрічного повітря.

Перехідний режим польоту — момент, коли двигун зупинився і несучий гвинт розкручується стрічним потоком повітря.

Планеруючий спуск — спуск моделі під кутом до горизонту.

Остійність моделі вертольота полягає в тому, що вісь обертання несучого гвинта весь час лишається в одному й тому ж положенні.

Польотна вага моделі — загальна вага моделі разом з паливом.

Додамо тут ще кілька суто спортивних термінів, які, звичайно, треба знати моделістам.

Рекордна модель — це модель, яку виготовляють спеціально з метою перевершити те чи інше рекордне досягнення: тривалості, дальності чи висоти польоту. Ці моделі важкі, бо мають великий запас палива в бачку, важко злітають у повітря. Їхній політ триває доти, поки стане палива. Коли зупиняється двигун, модель починає авторотувати, тобто плавно спускатися.

Рекорд тривалості фіксують від моменту зльоту моделі до моменту приземлення.

Дальність польоту — відстань по прямій від точки зльоту моделі до точки її приземлення.

Висота польоту — максимальна висота, яку набрала модель.

Таймерні моделі назву дістали від англійського слова time, що означає «час», і мають обмежений час роботи двигуна. Вони з'явилися набагато пізніше від рекордних. Час роботи двигуна обмежується, наприклад, 60, 45, 30 секундами. За цей час модель набирає висоту, а потім авторотує. У змаганнях модель запускають кілька разів. Кожного разу фіксується час польоту від моменту зльоту до моменту приземлення (за умови, що двигун працював не більше встановленого часу). Кожну секунду польоту зараховують за одне очко. Перемагає той, хто за всі польоти набере найбільше очок. А щоб учасники змагань з таймерними моделями мали однакові умови, до

моделей заявляють ряд вимог. Якщо модель не відповідає цим вимогам, то авіамоделіста не допускають до змагань.

Звісно, таймерні моделі повинні набирати висоту з максимальною швидкістю, а спускатися — з найменшою. Загальний час польоту в цьому випадкові буде найбільший, а отже й кількість очок найбільша.

Як бачимо, вимоги до рекордних і таймерних моделей — різні. Тому, щоб максимально задовольнити їх, треба вдало вибрати не лише розміри й конструкцію, але й схему моделі.

Розглянемо ж тепер основні схеми моделей вертольотів з механічними двигунами, а також які схеми найбільше підходять для рекордних і таймерних моделей.

ОДНОЛОПАТЕВА СХЕМА

Усі ви, певно, спостерігали, як восени, коли дерева скидають по-жовкле листя, з кленів падає, кружляючи, сухе насіння. Підхоплене вітром, воно залітає на багато десятків метрів від дерева. Це крихітний літальний «апарат», створений природою. Його ідею й використали в однолопатевій схемі моделі вертольота. Вперше таку схему було розроблено в 1954 році. Показано її на рис. 1. Як бачимо, конструкція моделей цієї схеми проста.

Найголовніше в моделі — лопать. Вона профільована. До лопаті кріплять стабілізатор, штангу з двигуном та шасі. Вісь обертання двигуна знаходиться в площині обертання несучого гвинта. Лопать обертається приблизно навколо центра ваги моделі. Модель розкручується за рахунок сили тяги гвинта і злітає тоді, коли підймальна сила лопаті стає більшою, ніж вага моделі. Несучий гвинт у моделях цієї схеми не має реактивного моменту. Модель може набирати висоту тільки по вертикалі.

Найголовніші переваги

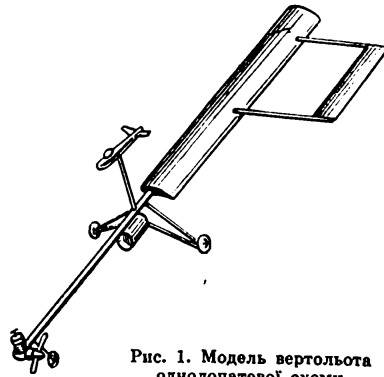


Рис. 1. Модель вертольота однолопатевої схеми.

моделі цієї схеми відносно інших ті, що вона дуже остійна в польоті. Навіть у початківців такі моделі непогано літають. Вони добре зарекомендували себе — як рекордні, так і таймерні.

Але досвід показує, що схема більше підходить для рекордних моделей, бо в порівнянні з іншими моделі цієї схеми мають найбільшу вантажопідйомність (приблизно — $0,8 \div 1,2 \text{ кг}$), тобто більше можна пального взяти. А це означає, що за потужного двигуна з невеликою витратою палива (250—300 грамів за годину) тільки моторний політ може тривати три-чотири години, що значно перевершує світове і всесоюзне досягнення в тривалості польоту для моделей вертольотів.

Зважаючи на те, що моделі вертольотів літають тільки по вертикалі, дальність їхнього польоту цілком залежить од вітру, і що довше модель триматиметься в повітрі, то більшу відстань вона пролетить. Отже, моделі цієї схеми також можна використовувати і в рекордних спробах на дальність польоту. Це доведено досвідом. Усі світові всесоюзні та республіканські рекорди були поставлені моделями однолопатевої схеми.

Єдиною вадою цих моделей є те, що вони мало схожі з вертольотами великої авіації.

ДВОЛОПАТЄВА СХЕМА

Перші моделі дволопатевої схеми були виготовлені харків'янином Б. Паценкером у 1958 році. На моделях цієї схеми здебільшого ставлять два двигуни — на кінцях лопатей або на спеціальних штангах (рис. 2). Але може стояти й один двигун — на одній із лопатей.

Вісі обертання двигунів знаходяться, як і на моделях однолопатевої схеми, в площині обертання лопатей. Несучий гвинт також не має реактивного моменту.

Моделі цієї схеми значно складніше і виготовляти, й регулювати.

На моделях дволопатевої схеми застосовують в основному такі само вузли, як і в сучасних вертольотах. Так, наприклад, в центрі обертання ставлять втулку, до якої на шарнірах кріплять лопаті. Причому конструкція втулки або шарніра має бути такою, щоб можна було змінювати кути установки лопатей. Кути установки стабілізаторів також регулюються.

Всі ці ускладнення потрібні для того, щоб модель була остійною в польоті. Остійність моделі в значній мірі залежить від кутів, на які установлено лопаті й стабілізатори.

Якщо кути установки лопатей великі, то лопаті чинять значний опір обертанню, і потужності двигунів стає не досить, щоб надати

несучому гвинтові потрібних обертів. Тоді модель спочатку зависає, потім розгойдується і, зніжуючись, описує кола.

За малих кутів несучий гвинт зустрічає значно менший опір, оберти його збільшуються. Але підймальна сила при цьому — менша. Модель або не злітає, або майже зависає на місці.

Куту установки лопатей повинні приблизно становити 10° . Досі на моделях дволопатевої схеми ще не було поставлено жодного рекорду.

За цієї схемою також не вгтовляляи й таймерних моделей, бо в умовах змагань досить складно запускати й регулювати два двигуни, до того ж ці моделі набирають висоту надто повільно.

Проте моделі цієї схеми мають і деякі переваги. Так, наприклад, якщо зупиниться один двигун, модель може летіти далі з другим, звісно, за умови, що потужність двигуна буде достатня.

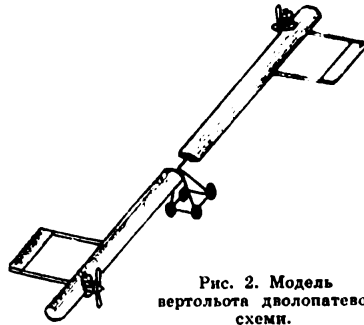


Рис. 2. Модель вертольота дволопатевої схеми.

СПІВВІСНА СХЕМА

Ще 1739 року великий російський учений М. В. Ломоносов виготовив першу модель співвісної схеми з пружинним механізмом. Він запропонував справді вдалу літаючу схему, бо в наші дні ця схема стала однією з основних, за якими будують сучасні вертольоти. М. В. Ломоносов уперше помітив, що несучий гвинт має реактивний момент, хоч і не знав, як пояснити це. Тому, щоб усунути цей момент, він застосував два несучих гвинти однакових розмірів, які обертались в різних напрямках. Реактивні моменти обох гвинтів були однакові, але спрямовані в різні боки і тому гасили один одного.

Перші моделі вертольотів співвісної схеми в СРСР з механічними двигунами почав виготовляти лєнінградський авіамоделіст В. Слєпков у 1957 році.

Модель цієї схеми зображено на рис. 3. Вона нагадує вертоліт «великої авіації».

Як же літає така модель?

Через фюзеляж моделі, на якому закріплено підшипники, проходить вал несучого гвинта. На одному кінці вала — двигун, на дру-

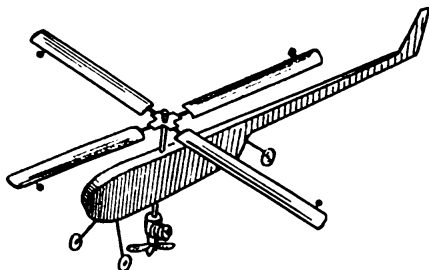


Рис. 3. Модель вертольота
співвісної схеми.

гому — несучий гвинт. Двигун можна розміщувати безпосередньо на несучому гвинтові, а також під фюзеляжем. Маленький несучий гвинт на двигуні створює реактивний момент. За рахунок цього моменту обертається великий несучий гвинт, але в протилежному напрямку. Звісно, кількість обертів великого несучого гвинта в десятки разів менша, тому що він зустрічає більший опір повітря під час обертання.

Основну тягу (підймальну силу) для польоту створює малий гвинт, закріплений на двигуні. Приблизно можна вважати, що тяги обох гвинтів обернено пропорційні їхнім діаметрам. Отже, тяга великого несучого гвинта менша від тяги гвинта, закріпленого на двигуні, в стільки разів, у скільки більший його діаметр.

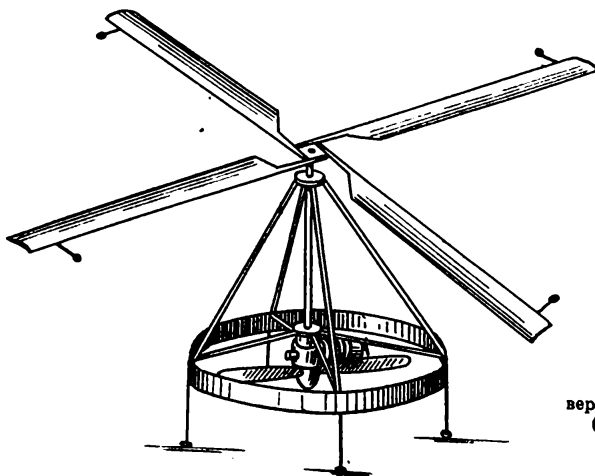


Рис. 4. Модель
вертольота В. Ткачова
(співвісна схема).

Але, незважаючи на це, великий несучий гвинт необхідний, і ось чому. По-перше: для того щоб знищити реактивний момент гвинта двигуна; по-друге — для остійності моделі і для повільного авторотуючого спуску.

Лопаті великого несучого гвинта прикріплено до втулки на шарнірах, щоб можна було регулювати установочні кути лопатей. У польоті лопаті встановлюються самі під потрібним кутом. Для остійності моделі несучий гвинт повинен мати не менше трьох лопатей. Додатково для остійності застосовують автоматику.

Модель злітає вертикально тільки після того, як розкрутиться великий несучий гвинт.

З моделями співвісної схеми неодноразово ставились всесоюзні й світові рекорди.

Але найпридатніша ця схема для таймерних моделей, бо літають вони не згірш моделей однолопатевої схеми. Вони досить швидко набирають висоту, а спускаються повільно.

Головне ж, на моделях цієї схеми можна домогтися не вертикального авторотуючого спуску, а планеруючого.

Швидкість планеруючого спуску майже вдвічі менша, ніж вертикального, а це важливо для збільшення загального часу польоту моделі.

Поки що для цього використовують стабілізатор. Проте задовільних результатів не досягнуто. Тому, опанувавши моделі цієї схеми, слід подумати, з допомогою яких пристроїв можна домогтися ефективного, планеруючого спуску.

СХЕМА «МУХА»

Ті, хто почав відвідувати заняття авіамодельного гуртка, певно, вже виготовили найпростішу модель вертольота, яка називається «муха».

Складається вона з повітряного гвинта і круглої дерев'яної палички, рис. 5.

Модель запускають так: долонями обох рук розкручують паличку і відпускають. За інерцією повітряний гвинт обертається і створює підймальну силу. Добре виготовлені моделі здіймаються на висоту 10—12 метрів, потім падають.

Проте моделі схеми «муха» тільки зовні нагадують іграшку. За принципом дії вони схожі з моделями співвісної схеми.

Першу модель за схемою «муха» в Харкові виготовив автор цієї книжки. Модель схеми «муха» ви бачите на рис. 6. Вона має несучий гвинт, а над ним закріплено двигун. До втулки несучого гвинта

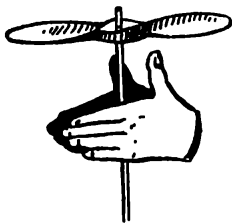


Рис. 5. Найпростіша модель вертольота— іграшка «муха».

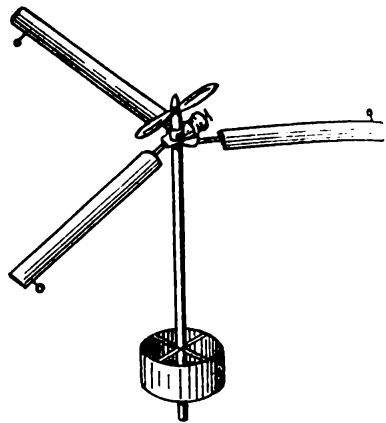


Рис. 6. Модель вертольота схеми «муха».

прикріплено дюралюмінієву трубку, на яку сідає модель. Несучий гвинт, а разом з ним і вся модель обертається за рахунок реактивного моменту, створюваного гвинтом двигуна.

Для остійності моделі несучий гвинт повинен мати не менше трьох лопатей. Додатково, як і на моделях співвісної схеми, тут застосовують автоматичну стабілізацію площини обертання несучого гвинта.

Цю схему для рекордних моделей не використовували. Її можна застосувати для таймерних моделей, хоч вони мало нагадують вертоліт.

СХЕМА «ЛІТАЮЧИЙ МОТОР»

Модель схеми «літаючий мотор» можна назвати ракетою з повітряним гвинтом. І це насправді так. Модель злітає в повітря за рахунок тяги гвинта, яка значно більша ваги моделі.

Модель цієї схеми, що її виготовив москвич М. Тищенко, в 1954 році протрималась у повітрі 2 хв 49 сек. Це досягнення було на той час світовим рекордом.

На рис. 7 зображено модель схеми «літаючий мотор». Двигун ту-

може бути розміщений і зверху, і знизу фюзеляжу. На фюзеляжі кріплять три або більше стабілізатори, які усувають реактивний момент гвинта. Після закінчення моторного польоту модель падає, не автотротяючи.

Харків'янин Б. Паценкер свою модель цієї схеми дещо ускладнив, і вона могла автотротявати. Як і на моделі М. Тищенка, він поставив

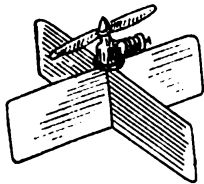


Рис. 7. Модель вертольота схеми «літаючий мотор» М. Тищенка.

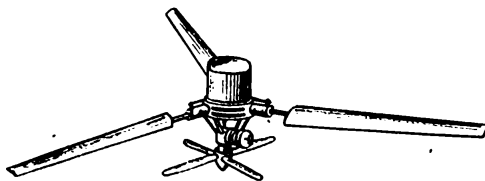


Рис. 8. Модель вертольота Б. Паценкера.

стабілізатори, але з допомогою спеціального механізму вони розгортались і ставали лопатями несучого гвинта.

Моделі цієї схеми дуже швидко набирають висоту, що дуже важливо для таймерних моделей. Звісно, як і модель Б. Паценкера, вони повинні мати автоматику для розгортання стабілізаторів.

Цю схему бажано використовувати для таймерних моделей. Для рекордних в наш час вона мало підходить, бо запас пального, який модель може підняти, незначний.

Вади цієї схеми ще й ті, що моделі не досить остійні та мало нагадують вертоліт.

ПОЗДОВЖНЯ ТА ПОПЕРЕЧНА СХЕМИ

Поздовжню й поперечну схеми використовують для важких вертольотів. Радянські конструктори створили вертольоти обох схем. За поперечною схемою був створений вертоліт «Омега» конструкції І. П. Братухіна, за поздовжньою — вертоліт ЯК-24 — «літаючий вагон» конструкції прославленого авіаційного конструктора О. С. Яковлева.

У вертольотомодельованні ці схеми поширені дуже мало, хоча вони досить цікаві.

Модель поперечної схеми ви бачите на рис. 9.

Як і співвісні, ці моделі мають фюзеляж з підшипниками, в як вставлено вал. Але замість втулки на другому кінці вала закріплені шків.

До фюзеляжу кріплять штанги, ферми або невеликі крила. На їхніх кінцях є підшипники з валами, на яких «сидять» несучі гвинти. На вали несучих гвинтів насаджують шків, які з'єднують між собою пасиками (грубими нитками). А роблять це так, щоб гвинти оберталися в різних напрямках. Обертаються несучі гвинти за рахунок реактивного моменту гвинта двигуна.

Для остійності моделі в польоті на обох несучих гвинтах застосовують, як і на моделях співвісної схеми, автоматичну стабілізацію площин обертання несучих гвинтів.

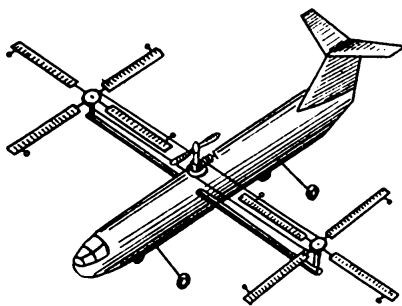


Рис. 9. Модель вертольота поперечної схеми.

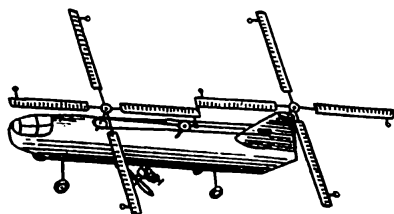


Рис. 10. Модель вертольота поздовжньої схеми.

Моделі цієї схеми значно складніші, ніж співвісна, але більше нагадують вертоліт.

Проте за поперечною схемою було виготовлено дуже мало моделей, тому й льотні якості їх незадовільні.

Отже, як рекордні, так і таймерні моделі за цією схемою краще не виготовляти.

На рис. 10 зображено модель поздовжньої схеми.

Різниця між моделями поздовжньої і поперечної схеми, що вісі несучих гвинтів в цьому випадку знаходяться над фюзеляжем моделі.

Несучі гвинти обертаються в протилежних напрямках за допомогою пасової передачі за рахунок реактивного моменту гвинта двигуна. На несучих гвинтах також треба застосувати автоматичну стабілізацію площин обертання.

Виготовляти рекордні і таймерні моделі за цією схемою не варт. Схеми більш підходять для виготовлення моделей — копій вертоліт

СХЕМА З ХВОСТОВИМ ГВИНТОМ

Схема з хвостовим гвинтом вперше була запропонована російським ученим академіком Б. М. Юр'євим у 1911 році. Ця схема найпоширеніша у вертольотобудуванні.

Хвостовий гвинт встановлюють так, щоб сила його тяги була спрямована в протилежний бік дії реактивного моменту несучого гвинта. Таким чином хвостовий гвинт служить для того, щоб усунути реактивний момент несучого гвинта.

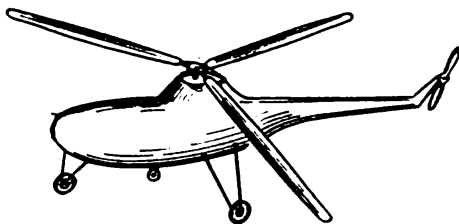


Рис. 11. Модель вертольота, виготовлена за схемою із хвостовим гвинтом.

Перші моделі вертольотів з механічними двигунами такої схеми в нашій країні були виготовлені в 1952 році ленінградським авіамоделістом А. Кузнецовим і грузинським авіамоделістом Г. Топадзе.

Модель цієї схеми показано на рис. 11.

Моделі з хвостовим гвинтом найскладніші. Вони повинні мати всі ті основні вузли, що й вертоліт. Але найскладніше в них — передачі. Треба ставити пристрій для зменшення обертів несучого гвинта (редуктор). З обертами несучого гвинта треба також пов'язати і оберти хвостового гвинта.

З огляду на те, що на двигуні нема повітряного гвинта, який окрім того, що створює тягу, також і охолоджує двигун, на вал двигуна треба насаджувати невелику турбінку для охолодження.

Крім того, потрібний пристрій, який від'єднував би несучого гвинта при запускові двигуна (муфта).

Але це ще не всі вади схеми. Потрібні також спеціальні автомати, які забезпечували б остійність, бо моделі надто нестійкі. Запозичити ж конструкцію автоматики із справжніх вертольотів неможливо.

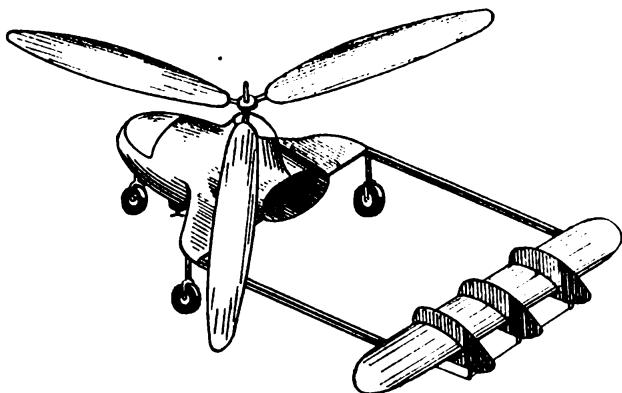


Рис. 12. Модель оригінальної схеми, виготовлена харківським моделістом Л. Липинським.

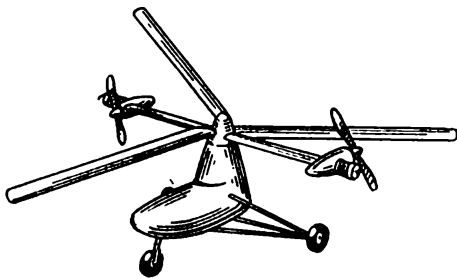


Рис. 13. Оригінальна модель харків'янина Л. Лосева.

оскільки вона дуже складна, та й результати від її використання не задовільні.

Тому за цією схемою не виготовляють ні рекордних, ні таймерних моделей.

Буває, що моделісти створюють свої, оригінальні схеми моделей. Приклад таких схем ви бачите на рис. 12, 13.

АЕРОДИНАМІКА І РОЗРАХУНОК МОДЕЛЕЙ ВЕРТОЛЬОТІВ

ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ЇХНЄ ВИЗНАЧЕННЯ

Перш ніж братися виготовляти модель вертольота, звичайно, треба провести цілу низку обчислень, тобто математично розрахувати її. Саме про це й піде мова у цьому розділі. В обчисленнях нам доведеться користуватися різними формулами, тому спершу розглянемо, яке значення мають окремі елементи цих формул.

Y — підймальна сила в кг;

X — опір повітря в кг;

ρ — густина повітря, яку можна прийняти рівною $\frac{0,124 \text{ кг сек}^2}{\text{м}^4}$

C_y — коефіцієнт підймальної сили, залежний від форми тіла (профілю) і кута його установки ($C_y = 0,05—0,15$);

C_x — коефіцієнт опору, який залежить від форми тіла (профілю) і кута його установки;

V — швидкість польоту в м/сек;

S — площа лопаті або стабілізатора в м²;

c — відносна товщина профілю — відношення максимальної товщини профілю до його хорди ($c = 0,03—0,2$), c — подають звичайно в процентах;

α — кут атаки — кут, під яким лопать зустрічає або атакує потік повітря;

V_y — вертикальна швидкість набирання висоти або спуску моделі в м/сек;

G — вага моделі в кг;

T — тяга двигунового гвинта або несучого гвинта в кг;

r — радіус у метрах;

t — час польоту в секундах;

H — висота польоту моделі;
 P — навантаження на обітаючу площу несучого гвинта:

$$P = \frac{G_{\text{моделі}}}{S_{\text{обм.}}} \text{ в кг/м}^2;$$

$S_{\text{обм}}$ — обітаюча площа несучого гвинта в м^2 :

$$S = \frac{\pi D^2}{4} \pi = 3,14.$$

D — діаметр несучого гвинта в метрах.

Лопать несучого гвинта — це довге й вузьке крило. В поперечному зрізі лопаті мають форму профілю крила літака. Але на відміну від крила лопаті обертаються і створюють підймальну силу, яку називається силою тяги несучого гвинта.

Несучий гвинт, обертаючись, засмоктує зверху повітря і відкидає його вниз. Відкинуте повітря створює силу реакції, яка штовхає лопаті, а з ними й увесь вертоліт. При цьому чим більше повітря відкинуто за одиницю часу, тим більшу тягу розвивають лопаті. Щоб при заданому діаметрі і кількості обертів збільшити кількість відкинутого повітря і його швидкість, несучі гвинти роблять з трьох-чотирма лопатями.

Лопаті гвинта кріплять до втулки, ставлячи їх під кутом до площини обертання несучого гвинта. Від цього кута залежить крок гвинта. Кроком несучого гвинта називається відстань, на яку просувається б несучий гвинт за один оберт — як болт у гайці.

Лопать, як і крило літака, атакує повітря під кутом атаки α .

Розглянемо, як виникає підймальна сила, користуючись рис. 14

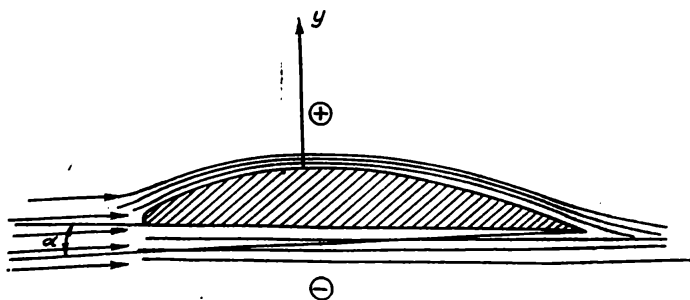


Рис. 14. Виникнення підймальної сили на лопаті.

Перед лопаттю повітряний потік ділиться, і струмені повітря обтікають профіль зверху і знизу неоднаково. Над лопаттю швидкість повітря більша, ніж під нею. Збільшення швидкості повітря спричиняється до зменшення повітряного тиску.

Отже, над лопаттю тиск менший, ніж атмосферний, а під лопаттю — більший. Від цієї різниці й створюється підіймальна сила Y . Формулу для визначення підіймальної сили вперше вивів російський учений «батько російської авіації» М. Є. Жуковський:

$$Y = C_y \cdot S \cdot \frac{\rho V^2}{2}$$

Коефіцієнт C_y знаходять експериментально для кожної форми тіла і профілю. Звичайно для кожного профілю цей коефіцієнт дається.

При обертанні лопаті виникає опір, створений повітрям. Від чого ж залежить він? Експерименти показали, що найперше — від форми тіла і надто від форми його задньої частини.

Характер обтікання тіла повітрям ще залежить і від його положення в повітряному потоці.

Формулу для обчислення опору повітря в такому вигляді, як вона подана нижче, також вивів М. Є. Жуковський:

$$X = C_x \cdot S \cdot \frac{\rho V^2}{2}$$

Коефіцієнт C_x залежить від форми тіла та його положення в потоці. Для профілів крил і лопатей він обов'язково додається.

Ці коефіцієнти використовують для підрахування опорів тіл в повітрі. Звісно, що на моделях вертольотів використовують вузли різних форм, тому при розрахунках слід використовувати коефіцієнти, дані в таблиці 1.

З формули для визначення підіймальної сили Y та опору X видно, що вони залежать від V — швидкості руху з повітрі.

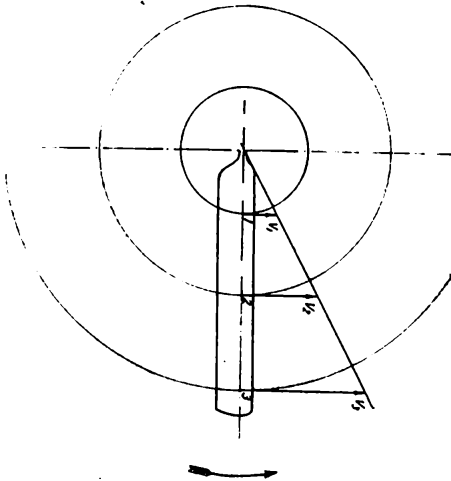
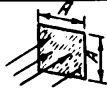









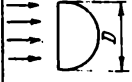

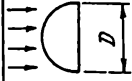







Рис. 15. Розподілення швидкостей елементів лопаті по радіусу.

Таблиця 1

| Назва тіла | Форма тіла | Площа поперечного перерізу | Коефіцієнт C_x |
|----------------------------|---|--|------------------|
| Плоска квадратна пластинка |  |  A^2 | 1,28 |
| Плоска круга пластинка |  |  $\frac{\pi D^2}{4}$ | 1,16 |
| Циліндр |  |  DH | 0,8 |
| Дріт або довгий циліндр |  |  DH | 1,2 |
| Куля |  |  $\frac{\pi D^2}{4}$ | 0,2 |
| Порожниста півкуля |  |  $\frac{\pi D^2}{4}$ | 1,42 |
| Порожниста півкуля |  |  $\frac{\pi D^2}{4}$ | 0,36 |
| Колесо |  |  Dt | 0,4 |
| Стояк обтічної форми |  |  Ht | 0,1 |

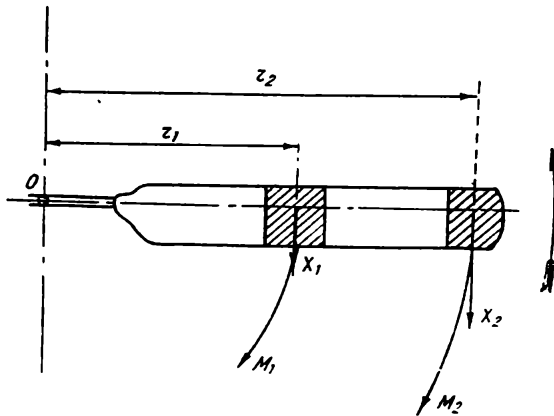


Рис. 16. Моменти опорів елементів лопати.

Але всі точки лопати рухаються з неоднаковою швидкістю, бо вони описують кола різної довжини за один оберт гвинта, рис. 15.

Тому, якщо лопать біля втулки і на кінці матиме однакові установочні кути, то на кінці лопаті підймальна сила, а також і опір будуть більшими.

Щоб поліпшити роботу несучого гвинта, лопаті трохи закручують, тобто на кінцях їхніх установочний кут менший, ніж при втулці.

Лопаті закручують також і для того, щоб зменшити навантаження на двигуна, тобто мати змогу застосовувати двигун меншої потужності. Річ у тому, що кожний елемент лопаті створює опір X , і чим далі від осі обертання знаходиться цей елемент, тим з більшою швидкістю він рухається, а значить і чинить більший опір обертанню. Завдяки силам опору кожного елемента лопаті відносно осі обертання виникає момент опору елемента, рис. 16.

$$M \text{ опору } e = X_e \cdot r_e, \text{ де}$$

M опору e — момент опору елемента лопаті в кгм;

X_e — сила опору елемента в кг;

r_e — радіус елемента — відстань од вісі обертання до середини елемента лопаті в метрах.

Склавши моменти опорів елементів, знайдемо момент опору всієї лопаті.

Але несучий гвинт має звичайно кілька лопатей, отже, щоб визна-

чити момент опору несучого гвинта в цілому, треба момент опору однієї лопаті помножити ще на кількість лопатей.

Момент опору несучого гвинта залежить від цілого ряду величин, в тому числі і від кількості його обертів за хвилину.

Момент опору звичайно називають *потрібним*, тобто, щоб обертати несучий гвинт з заданою кількістю обертів, необхідно розвинути M *потрібний*, або N *потрібну*, де N — потужність.

Але двигун вертольота має обмежену потужність, яка завжди відома (N *розв.*), тобто потужність, що її розвиває двигун. Знаючи N *розв.*, можна визначити і M *розв.* Залежність між потужністю (N *розв.*) і моментом (M *розв.*) визначають з формули:

$$M \text{ розв.} = 716,2 \frac{N \text{ к. с.}}{n \text{ об/хв.}}$$

M *розв.* — крутний момент, що його розвиває двигун в кгм.

716,2 — безрозмірний коефіцієнт.

N к. с. — потужність у кіньських силах.

Якщо M *потрібний* = M *розв.*, то потужності двигуна досить для обертання несучого гвинта з заданою кількістю обертів. Якщо ж M *потрібний* більший, ніж M *розв.*, значить, потужність двигуна недостатня, і гвинт не зможе обертатись із заданою кількістю обертів. Треба зменшувати M *потрібний*.

Зменшувати M *потрібний* можна по-різному. По-перше, як було сказано раніше, закручуючи лопаті несучого гвинта; по-друге, зменшуючи установочні кути всіх лопатей, бо при зменшенні кутів знижується X_c — опір елементів лопатей, а разом з ними і M *потрібний*; по-третє, застосовуючи профілі для лопатей з невеликими коефіцієнтами опору C_x .

Які ж профілі використовують для лопатей моделей вертольотів?

Найживаніші — показані на рис. 17.

В основному авіамоделісти використовують для лопатей увігнуто-опуклі профілі, а для стабілізаторів — симетричні. Ці профілі розраховують за спеціальними таблицями, а потім їх викреслюють віднос-

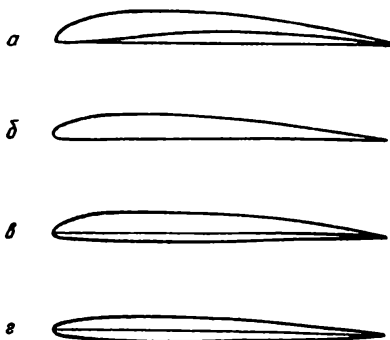


Рис. 17. Профілі для лопатей:

а — увігнуто-випуклий; б — плоско-випуклий,
в — двоопуклий; г — симетричний.

но хорди. Додатково на цьому питанні не зупиняємось, бо звичайно для кожної моделі, на яку є креслення, додається і профіль в натуральну величину.

Для аеродинамічних розрахунків треба знати аеродинамічні коефіцієнти профілю C_y і C_x , які, звичайно, збільшуються при збільшенні кутів атаки.

Загальний вигляд графіків C_y і C_x подано на рис. 18.

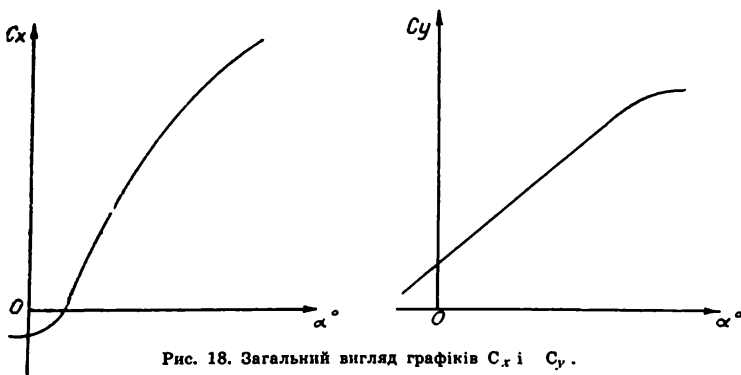


Рис. 18. Загальний вигляд графіків C_x і C_y .

Аеродинамічний розрахунок моделей вертольотів полягає в тому, щоб правильно вибрати розміри моделі, кути установки лопатей, стабілізатора, підрахувати швидкість набирання висоти, швидкість спуску, — тобто виявити льотні якості моделі.

Аеродинамічні розрахунки провадять не взагалі, а для того, щоб вибрати розміри моделі, які б відповідали висунутим вимогам. Наприклад, аеродинамічний розрахунок рекордної моделі провадять для того, щоб визначити, чи зможе модель підняти в повітря певну кількість палива.

Аеродинамічний розрахунок таймерної моделі провадять для того, щоб визначити, який час буде літати модель за обмеженої роботи двигуна.

Тепер перейдемо до безпосередніх аеродинамічних розрахунків моделей різних схем і призначень.

АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК МОДЕЛЕЙ ОДНОЛОПАТЕВОЇ СХЕМИ

Погляньте на рис. 19. На ньому подано всі основні співвідношення, яких треба дотримуватися при визначенні розмірів моделі однолопатевої схеми. За таких умов модель буде остійна в польоті й добре авторотуватиме. Основним розміром на цьому малюнку є R — радіус лопати, який під час розрахунків приймають за одиницю. Всі ці співвідношення знайдено експериментально. Отже, щоб визначити розміри моделі, перш за все треба задатися якимось значенням R . Для таймерних моделей $R = 900 - 920$ мм, не більше, бо це обумовлено вимогами до них, про які буде сказано далі.

Для рекордних моделей $R = 1200 - 1800$ мм.

Радіус лопати рекордних моделей значно більший тому, що ці моделі важчі, та й двигуни на них ставлять різного робочого об'єму й потужності.

Задаючись розміром радіуса лопати, використавши співвідношення, дані на рис. 19, визначають розміри моделі.

Для розрахунку необхідно знати, яку силу тяги розвиває гвинт двигуна, встановлений на моделі. Для цього двигун з гвинтом установлюють на стенд, запускають і заміряють тягу. (Такий стенд описано в розділі «Стенди для регулювання двигунів та моделей вертольотів».) Хай виявилось, що гвинт розвиває тягу T кг.

Знаючи розміри моделі, можна підрахувати, який крутний момент створює сила тяги гвинта двигуна відносно осі обертання моделі, тобто T розв.

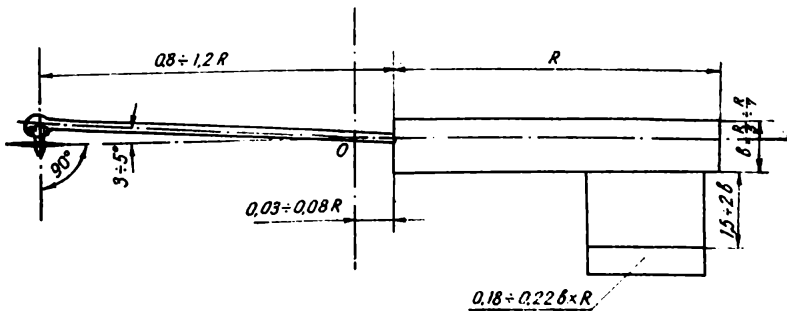


Рис. 19. Основні співвідношення для вибору розмірів моделі однолопатевої схеми.

Для цього силу тяги двигуна T перемножують на відстань од вісі двигуна до вісі обертання моделі $r_{дв.}$ (рис. 20).

$$M_{розв.} = T_{дв.} \cdot r_{дв.}$$

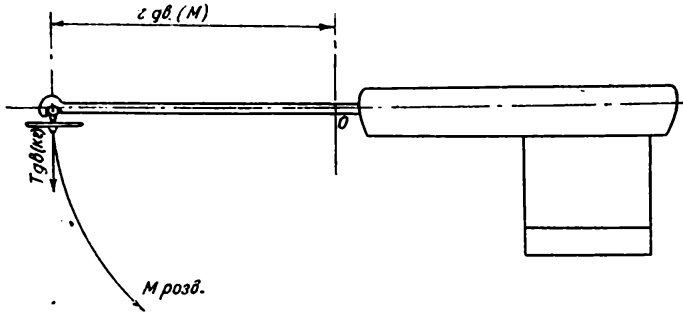


Рис. 20. Виникнення розвиваного моменту від тяги гвинта.

Далі завдання полягає в тому, щоб визначити момент опору, або $M_{порібний}$. Для цього треба знати аеродинамічні коефіцієнти профілю C_x і залежність їх від кутів атаки.

Розбивають лопаті на елементи однакової довжини, знаходять їх середину, r_e (рис. 21) і обчислюють площі в m^2 (S_e).

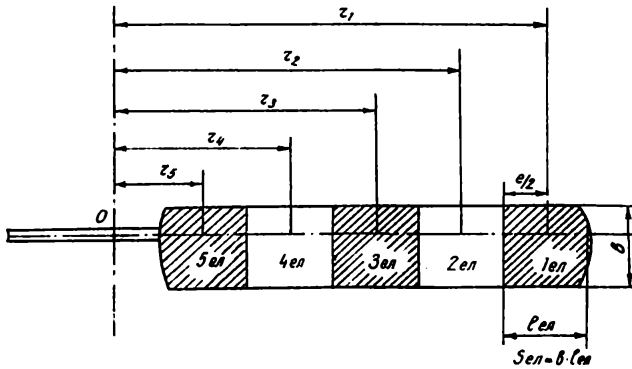


Рис. 21. Поділення лопаті на елементи.

Задаючись кількістю обертів моделі за хвилину, визначають швидкості (V) елементів.

V елемента $= \omega \cdot r$ елемента, де

ω — кутова швидкість обертання моделі, ω знаходять з формул

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \text{ де}$$

n — кількість обертів моделі за хвилину;

$\pi = 3,14$.

Задаються кутом атаки α елементів лопаті і за таблицею знаходять C_x . Тепер є всі необхідні дані для обчислення сили опору кожного елемента лопаті.

$$X_e = C_x \cdot \rho \cdot S_e \cdot \frac{V_e^2}{2}$$

Знаючи сили опорів елементів, можна обчислити їх моменти опорів за формулою:

$$M \text{ опору } e = X_e \cdot r_e$$

Склавши моменти опорів елементів, знаходимо момент опору всієї лопаті.

M опору лопаті $= M$ опору 1 елемента $+ M$ опору 2 елемента $+ M$ опору 3 елемента і т. д.

Але опір обертанню моделі чинять також і штанга, і двигун і шасі, і стабілізатор.

Тому в такий само спосіб обчислюють і їхні моменти опорів. Коefіцієнти опору C_x беруть з таблиці 1.

Моменти опору всієї моделі — це сума моментів опорів лопаті, двигуна, шасі, стабілізатора.

M опору моделі $= M$ опору лопаті $+ M$ опору штанги $+ M$ опору двигуна $+ M$ опору шасі $+ M$ опору стабілізатора.

M опору моделі $= M$ потрібному.

Якщо моменти близькі між собою або рівні, це значить, що модель вибраних розмірів з даним профілем, його коефіцієнтом C_x і кутом установки буде обертатись з заданою кількістю обертів. Якщо момент опору більший, ніж M розв., то треба зменшити кути установки лопаті, розміри моделі або ж задатись меншою кількістю обертів.

Якщо момент опору менший, ніж M розв., то роблять навпаки.

Якщо M потрібний $= M$ розв., то обчислюють, яку підіймальну силу Y буде розвивати лопать.

Для розрахунку використовують те ж саме креслення і дані, які одержали при обчисленні сил опорів елементів лопаті.

Але додатково з графіків визначають коефіцієнт підіймальності

сили C_y для вибраного кута атаки. Підіймальна сила кожного елемента лопаті:

$$Y_e = C_y \cdot \rho \cdot S_e \cdot \frac{V_e^2}{2}$$

З формули видно, що для визначення Y в формулу

$$X_e = C_x \cdot \rho \cdot S_e \cdot \frac{V_e^2}{2}$$

треба підставити замість коефіцієнта C_x коефіцієнт C_y .

Визначивши підіймальні сили елементів, можна обчислити підіймальну силу лопаті:

$$Y \text{ лопаті} = Y e^1 + Y e^2 + Y e^3 \text{ і т. д.}$$

На моделях однолопатевої схеми підіймальну силу створює тільки лопать. Отже, якщо вага моделі буде більшою, ніж підіймальна сила лопаті, то модель не злетить.

Для рекордних моделей бажано, щоб вага самої конструкції була якнайменшою, бо тоді модель зможе підняти найбільшу кількість палива.

Для таймерних моделей обумовлена їхня вага, тому чим більшою буде підіймальна сила лопаті, тим швидше модель набиратиме висоту, а отже, за обмежений час роботи двигуна вона набуде найбільшої висоти.

Тому в усіх випадках бажано мати найбільшу підіймальну силу лопаті.

Для рекордних моделей, задаючись вагою конструкції, можна обчислити, яку кількість палива зможе підняти модель. А коли так, то можна визначити час моторного польоту.

Для цього роблять такі розрахунки.

$$Y \text{ лопаті (кг)} - G \text{ моделі (кг)} = G \text{ палива (кг)}$$

Знаючи годинку витрату палива в кг, можна підрахувати загальний час роботи двигуна.

$$t \text{ роботи двигуна} = \frac{G \text{ палива (кг)}}{\text{годинка витрата палива (кг)}}$$

Швидкість авторотуючого спуску моделі підраховують за формулою:

$$V, \text{ авт. (м/сек)} = 1,3 \frac{Y \text{ моделі (г)}}{D \text{ нес. гамма в дециметрах}}$$

Якщо модель набере висоту H метрів і буде авторотувати з цієї висоти з швидкістю V м/сек, то час спуску становить:

$$t \text{ авторотації (в сек)} = \frac{H \text{ метрів}}{V, \text{ м/сек}}$$

Отже, загальний час польоту рекордної моделі:

$$t \text{ загальний} = t \text{ роботи двигуна} + t \text{ авторотації.}$$

А як же підрахувати час польоту таймерної моделі вертольота? Приблизно його можна підрахувати так.

Задаються часом роботи двигуна, але так, щоб він був не більшим, ніж обумовлений вимогами змагань. Визначають, яку висоту зможе набрати за цей час модель (H метрів). Щоб підрахувати набрану висоту, з аеродинамічного розрахунку беруть значення кількості обертів моделі за секунду (n об/сек) та кут атаки лопаті (α°)

$$H \text{ (метрів)} = 1,5 \pi \cdot R \text{ лоп.} \cdot n \text{ об/сек} \cdot t g \alpha \cdot t \text{ роб. двиг.}$$

де $\pi = 3,14$.

$t g \alpha$ — тангенс кута α — знаходять за таблицями тригонометричних функцій кутів. З цієї висоти модель спускається з швидкістю:

$$V, \text{ авт. (м/сек)} = 1,3 \sqrt{\frac{G \text{ моделі (г)}}{D \text{ несучого гвинта в дм}}}$$

Час авторотації:

$$t \text{ авторотації (секунд)} = \frac{H \text{ метрів}}{V, \text{ м/сек}}$$

Отже, загальний час польоту таймерної моделі:

$$t \text{ загальний} = t \text{ роботи двигуна (сек)} + t \text{ авторотації (сек)}$$

Приклади аеродинамічних розрахунків моделей однолопатевої схеми

Розрахунок рекордної моделі

Вихідні дані

На моделі намічено установити компресійний двигун «Ритм» з гвинтом, який за роботи на місці розвиває тягу $T = 0,6$ кг і витрачає палива 300 грамів на годину.

Мета розрахунку

1. Спроектувати модель і визначити її максимальну вагу для моторного польоту тривалістю 2 години.
2. Визначити льотні якості моделі.

Порядок розрахунку

I. Вибір розмірів моделей на основі статистичних даних кращих моделей.

На таблиці 2, що її подаємо нижче, дано розміри рекордних моделей В. Титлова, В. Найдовського та О. Куксова.

Що рахуємо всі середні розміри за формулою:

$$\text{середній розмір} = \frac{\text{розмір 1 моделі} + \text{розмір 2 моделі} + \text{розмір 3 моделі}}{3}$$

Округлимо середні розміри їхніх моделей.

Таблиця 2

| моделі розміри | Довжина лопаті (мм) | Хорда лопаті (мм) | Площа лопаті (дм ²) | Довжина штанги (мм) | Площа стабіл. (дм ²) | Польовна вага (кг) |
|------------------------------|---------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------|----------------------------------|--------------------|
| В. Титлова | 1350 | 210 | 28 | 1050 | 5,5 | 1,75 |
| В. Найдовського | 1233 | 200 | 24,5 | 1190 | 5 | 1,5 |
| О. Куксова | 1145 | 190 | 21,7 | 1070 | 6 | 1,4 |
| Середні розміри | 1243 | 200 | 24,7 | 1109 | 5,5 | 1,55 |
| Розміри проекто-ваної моделі | 1240 | 200 | 24,8 | 1100 | 5,5 | 1,6 |

Розміри моделі, що її ми маємо спроектувати, беремо з цієї таблиці. Модель зображена на рис. 22.

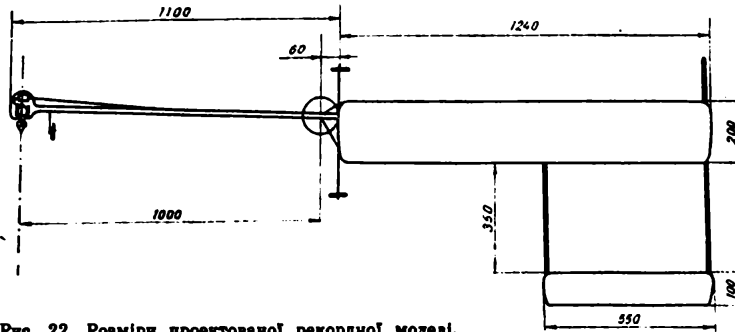


Рис. 22. Розміри проектованої рекордної моделі.

II. Вибір профілю лопаті

Профіль лопаті повинен мати значний коефіцієнт підйимальної сили C_y і разом з тим незначний коефіцієнт опору C_x .

Для моделей однолопатевої схеми ці вимоги задовольняють плоско-опуклі і увігнуто-опуклі профілі з тупою передньою крайкою (носиком).

Виберемо, наприклад, плоско-опуклий профіль Clark-Y. На рис. 23 дані координати для викреслення профілю, його аеродинамічні характеристики, тобто графіки залежності коефіцієнтів C_y і C_x від кутів атаки α .

III. Обчислення розвиваного моменту (M розв.)

Розвиваний момент, як було сказано раніше, обчислюємо за формулою:

$M_{розв.} = T \text{ гвинта} \cdot r \text{ двигуна}$, тоді

$$M_{розв.} = 0,6 \text{ кг} \cdot 1000 \text{ мм} (1 \text{ м}) = 0,6 \text{ кгм}$$

| x | 0 | 1,25 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 | |
|-------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|-----|------|------|
| a | 4,8 | 3,5 | 3,43 | 6,5 | 7,9 | 8,85 | 9,6 | 10,69 | 11,36 | 11,7 | 11,0 | 10,57 | 9,15 | 7,35 | 5,22 | 2,8 | 1,49 | 0,12 |
| y_H | 3,5 | 1,93 | 1,47 | 0,93 | 0,63 | 0,42 | 0,15 | 0,03 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

2,31 6,53
2,31

| α° | -6 | -4,5 | -3 | -1,5 | 0 | 1,5 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| C_y | 0,06 | 0,045 | 0,037 | 0,260 | 0,384 | 0,501 | 0,602 | 0,689 | 1,034 | 1,231 | 1,367 | 1,283 | 1,08 |
| C_x | 0,008 | 0,007 | 0,012 | 0,04 | 0,07 | 0,023 | 0,025 | 0,046 | 0,07 | 0,099 | 0,127 | 0,21 | 0,29 |

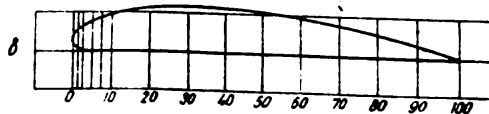
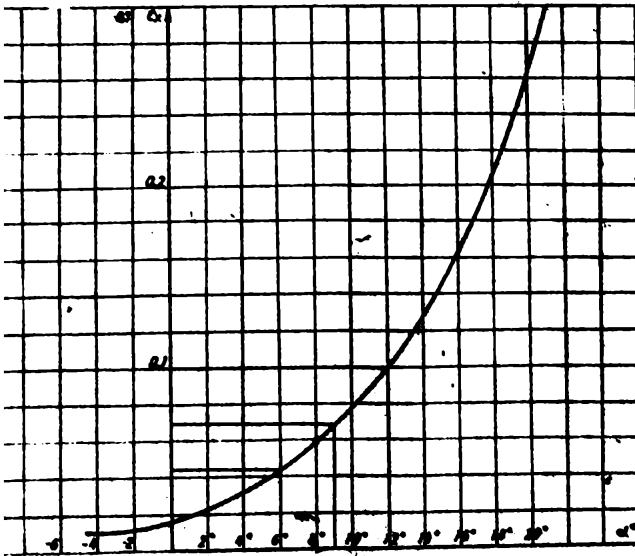
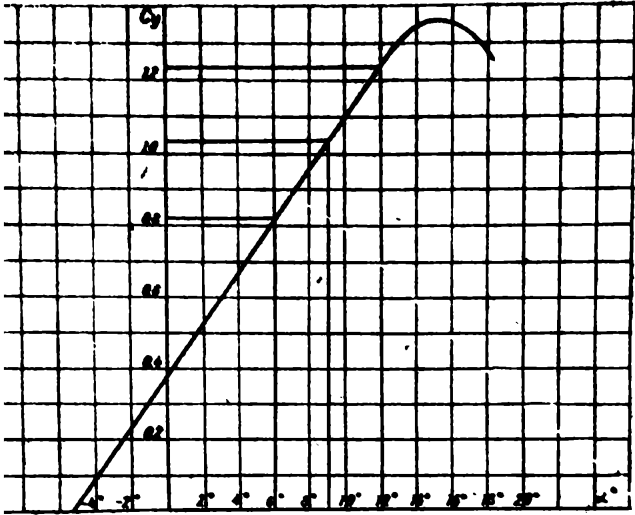


Рис. 23. Геометричні та аеродинамічні характеристики профілю (профіль Clark-Y):

a — геометричні характеристики; b — аеродинамічні характеристики;
 δ — профіль; σ — графік $C_y = f(\alpha)$; ν — графік $C_x = f(\alpha)$.



IV. Обчислення моменту опору лопаті
і всієї моделі (М потрібного)

Розбиваємо креслення лопаті, штанги, стабілізатора на елементи (рис. 24) і намічаємо їхні середини. Визначаємо відстані від центра обертання моделі до середини кожного елемента (r_e) в метрах і обчислюємо площу кожного елемента в m^2 .

Задаємося кількістю обертів моделі за хвилину — $n = 180$ об/хв; кутом атаки — $\alpha = 12^\circ$. З графіків залежності C_y та C_x від кута атаки знаходимо їхні величини. При куті атаки $\alpha = 12^\circ$ $C_y = 1,23$, $C_x = 0,099$.

Для спрощення розрахунків приймаємо, що лопать не закручена. Кутова швидкість обертання моделі при 180 об/хв дорівнює:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 180}{30} = 18,84 \text{ 1/сек}$$

Ці дані, щоб не збитися при обчисленнях, зводимо в таблицю 1. За формулою $V_e = \omega \cdot r_e$ знаходимо швидкості всіх елементів потім знаходимо значення $\frac{V_e^2}{2}$ і записуємо в нову таблицю 4.

За формулою $X_e = C_x \cdot \rho \cdot S_e \cdot \frac{V_e^2}{2}$ знаходимо опір кожного елемента і заносимо в таблицю 4.

Таблиця 1

| №№ елем. | α° | C_x | ω (1/сек) | $\frac{\rho}{m^3}$ | S_e (m^2) | r_e (m) |
|----------|----------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| 1 | | | | | 0,04 | 1,2 |
| 2 | | | | | 0,04 | 1,0 |
| 3 | 12° | 0,099 | 18,84 | 0,124 | 0,04 | 0,8 |
| 4 | | | | | 0,04 | 0,6 |
| 5 | | | | | 0,04 | 0,4 |
| 6 | | | | | 0,04 | 0,2 |
| 7 | | | | | 0,008 | 0,08 |

Таблиця 4

| № елем. | V_e (м/сек) | $\frac{V_e^2}{2}$ | X_c (кг) | M опору ел. (кгм) |
|---------|------------------|-------------------|---------------|---------------------|
| 1 | 22,6 | 256 | 0,128 | 0,154 |
| 2 | 18,84 | 178 | 0,089 | 0,089 |
| 3 | 15,05 | 113 | 0,0565 | 0,0452 |
| 4 | 11,3 | 64 | 0,032 | 0,0192 |
| 5 | 7,54 | 28,4 | 0,0142 | 0,0057 |
| 6 | 3,77 | 7,1 | 0,0035 | 0,0007 |
| 7 | 1,5 | 1,13 | — | — |

Перемноживши визначені у такий спосіб сили опорів кожного елемента на r_e , знайдемо моменти опорів усіх елементів.

$$M \text{ опору елемента} = X_c \cdot r_e$$

Результати обчислень заносимо в таблицю 4.

Склавши моменти опорів усіх елементів лопаті, знайдемо:

$$M \text{ опору лопаті} = 0,3138 \text{ кгм}$$

Обчислимо момент опору стабілізатора. Розбиваємо стабілізатор на елементи (рис. 24).

Для стабілізаторів звичайно використовують симетричні профілі коефіцієнт опору яких за кута атаки 0° можна прийняти $C_x = 0,0$

Момент опору стабілізатора обчислюємо в такий само спосіб. Результати розрахунків зводимо в таблицю 5.

Склавши моменти опорів елементів стабілізатора, одержуємо момент опору стабілізатора в цілому:

$$M \text{ опору стабілізатора} = 0,0129 \text{ кгм.}$$

Залишилось підраховувати моменти опорів штанги та двигуна.

Штанга — дюралюмінієва трубка діаметром 15 мм. З таблиці знаходимо $C_x = 1,2$; коефіцієнт опору двигуна з моторамою приймемо $C_x = 1,4$.

Розбиваємо штангу на елементи, рис. 24. Площа поперечного перерізу кожного елемента штанги:

$$S_e = 15 \text{ мм} \cdot 200 \text{ мм} = 0,003 \text{ м}^2.$$

Таблиця 5

| № бл. сл. | α° | C_x | ω (1 сек) | $\frac{\rho}{\kappa \Gamma \cdot \text{сек}^2}$ $\frac{1}{\text{м}^2}$ | S_c (м ²) | r_c (м) | V_c (м/сек) | $\frac{V_c^2}{2}$ | X_c (кг) | M_c (кг·м) |
|--------------|----------------|-------|---------------------|---|----------------------------|--------------|------------------|-------------------|---------------|-----------------|
| 1 | | | | | 0,011 | 1,245 | 23,4 | 225 | 0,0031 | 0,0039 |
| 2 | 0° | 0,01 | 18,84 | 0,124 | 0,011 | 1,135 | 21,4 | 223 | 0,003 | 0,0034 |
| 3 | | | | | 0,011 | 1,025 | 19,3 | 186 | 0,0026 | 0,0027 |
| 4 | | | | | 0,011 | 0,915 | 17,2 | 148 | 0,002 | 0,0018 |
| 5 | | | | | 0,011 | 0,805 | 15,3 | 105 | 0,0014 | 0,0011 |

Площа поперечного перерізу двигуна з моторамою

$$S_{дв} = 0,003 \text{ м}^2$$

Моменти опорів штанги і двигуна підраховуємо в такий само посіб. Результати розрахунків зводимо в таблицю 6.

Складаємо моменти опорів елементів штанги і одержимо момент опору усієї штанги.

Момент опору двигуна з моторамою беремо з таблиці 6.

Але, крім обчислених нами моментів опорів лопаті, стабілізатора, танги і двигуна, опір створюють також шасі, балочки стабілізатора

Таблиця 6

| № елем. | C_x | $\left(\frac{\rho}{\kappa \Gamma \cdot \text{сек}^2}\right)$ $\frac{1}{\text{м}^2}$ | ω (1 сек) | S_c (м ²) | r_c (м) | V_c (м/сек) | $\frac{V_c^2}{2}$ | X_c (кг) | M_c (кг·м) |
|---------------------|-------|--|---------------------|----------------------------|--------------|------------------|-------------------|---------------|-----------------|
| 1 | | | | 0,003 | 0,9 | 16,95 | 145 | 0,0655 | 0,06 |
| 2 | | | | 0,003 | 0,7 | 13,2 | 87 | 0,0391 | 0,0274 |
| 3 | 1,2 | 0,124 | 18,84 | 0,003 | 0,5 | 9,42 | 44 | 0,0198 | 0,0099 |
| 4 | | | | 0,003 | 0,3 | 5,66 | 16 | 0,078 | 0,0023 |
| 5 | | | | 0,003 | 0,1 | 1,884 | 1,59 | — | — |
| двигун моторамою | 1,4 | | | 0,003 | 1,0 | 18,84 | 159 | 0,083 | 0,083 |

тощо, тому приймаємо, що момент опору цих деталей становить 0,1—0,15 моменту опору всієї моделі, тобто:

$$M_x \text{ деталей} = 0,1 - 0,15 M_x \text{ моделі.}$$

Беручи до уваги це, загальний момент опору моделі дорівнює:

M опору моделі = 1,15 (M опору лопаті + M опору стабілізатора + M опору штанги + M опору двигуна).

$$M \text{ опору моделі} = 1,15 (0,3138 + 0,0129 + 0,098 + 0,083) = 0,5839 \text{ кгм.}$$

Перевіримо різницю між розвиваним моментом і потрібним. Раніше установили, що M розв. = 0,6 кгм, а M опору моделі = M потрібний = 0,5839 кгм. Підрахуємо різницю між ними:

0,6 кгм — 0,5839 кгм = 0,0161 кгм, або в процентах:

$$\frac{0,0161 \text{ кгм}}{0,6 \text{ кгм}} = 0,027 = 2,7\%$$

Допускається різниця між моментами до 5%. Тому можна вважати, що з даним профілем і кутом установки $\alpha = 12^\circ$ потужності двигуна (тяги гвинта) буде досить, щоб модель оберталась із швидкістю 180 об/хв.

Тепер підрахуємо підймальну силу лопаті.

V. Обчислення підймальної сили лопаті

Для обчислення підймальної сили лопаті використовуємо дані з таблиць 3 і 4, але замість коефіцієнта C_x підставляємо коефіцієнт підймальної сили $C_y = 1,23$. Підймальну силу елементів обчислюємо за формулою:

$$Y_e = C_y \cdot \rho \cdot S_e \frac{V_e^2}{2}$$

Результати обчислень зводимо в таблицю 7.

Склавши підймальні сили елементів, одержимо підймальну силу лопаті. Вона становить:

$$Y \text{ лопаті} = 3,98 \text{ кг.}$$

VI. Обчислення швидкості набирання висоти

Швидкість набирання висоти обчислюємо за формулою:

$$V_y \text{ набирання висоти} = 1,5 \pi \cdot R \text{ лоп.} \cdot n \text{ об/сек} \cdot \text{tg } \alpha.$$

Таблиця 7

| № элем. | α° | C_y | $\left(\frac{P}{\text{кг} \cdot \text{сек}^2} \cdot \frac{1}{\text{М}^2}\right)$ | ω (л.сек) | S_c (м ²) | r_c (м) | V_c (м/сек) | $\frac{V_c^2}{2}$ | Y_c (кг) |
|---------|----------------|-------|--|------------------|-------------------------|-----------|---------------|-------------------|------------|
| 1 | | | | | 0,04 | 1,2 | 22,6 | 256 | 1,575 |
| 2 | | | | | 0,04 | 1,0 | 18,84 | 178 | 1,095 |
| 3 | 12° | 1,23 | 0,124 | 18,84 | 0,04 | 0,8 | 15,07 | 113 | 0,695 |
| 4 | | | | | 0,04 | 0,6 | 11,3 | 64 | 0,394 |
| 5 | | | | | 0,04 | 0,4 | 7,54 | 28,4 | 0,177 |
| 6 | | | | | 0,04 | 0,2 | 3,77 | 7,1 | 0,0136 |
| 7 | | | | | 0,008 | 0,08 | 1,5 | 1,13 | 0,0014 |

Використовуємо такі дані:

$$\pi = 3,14$$

$$R \text{ лоп.} = 1,3 \text{ м}$$

$$n = 3 \text{ об/сек}$$

$$\text{tg } \alpha = \text{tg } 12^\circ = 0,212$$

Підставимо ці дані в формулу:

$$V_y \text{ набирання висоти} = 1,5 \cdot 3,14 \cdot 1,3 \text{ м} \cdot 3 \text{ об/сек} \cdot 0,212 = 3,9 \text{ м/сек.}$$

VII. Обчислення швидкості спуску моделі

Швидкість авторотуючого спуску моделі визначаємо за формулою:

$$V_y \text{ м/сек авторот.} = 1,3 \frac{\sqrt{G \text{ моделі (г)}}}{D \text{ несучого гвинта (дм)}}$$

Беремо вагу моделі без палива (вага конструкції моделі) рівною 0,9 кг = 900 г

$$D \text{ несучого гвинта} = 2R = 2 \cdot 1,3 = 2,6 = 26 \text{ дм}$$

$$V_y \text{ м/сек авторот.} = 1,3 \frac{\sqrt{900}}{26} = 1,3 \cdot \frac{30}{26} = 1,5 \text{ м/сек.}$$

VIII. Обчислення загального часу польоту моделі

Модель без палива має вагу 0,9 кг, а підймальна сила лопаті — $Y = 3,98 \text{ кг}$.

Отже, модель легко може підняти 0,9 кг палива, тоді загальна вага моделі становитиме:

$$G \text{ польотна (грамів)} = 0,9 \text{ кг} + 0,9 \text{ кг} = 1,8 \text{ кг} = 1800 \text{ г.}$$

За витрати палива 300 г/год двигун буде працювати:

$$t \text{ роботи двигуна} = \frac{0,9 \text{ кг}}{300 \text{ г/год}} = 3 \text{ год.}$$

Така модель зможе набрати висоту 2000 м, а після зупинки двигуна спускатиметься приблизно, як ми обчислили раніше, з середньою швидкістю V_y авт. = 1,5 м/сек.

Час спуску моделі з висоти 2000 метрів визначаємо за формулою

$$t \text{ авт.} = \frac{H \text{ метрів}}{V_y \text{ м/сек}} = \frac{2000 \text{ м}}{1,5 \text{ м/сек}} = 1330 \text{ сек} = 22 \text{ хвилини } 10 \text{ секунд.}$$

Загальний час польоту, t загальний:

$$t \text{ загальний} = t \text{ моторний} + t \text{ авторотації}$$

t загальний = 3 години + 22 хвилини 10 сек. = 3 години 22 хвилини 10 секунд.

Розрахунок таймерної моделі

Методика розрахунку таймерної моделі така сама, як і рекордної. Спочатку на основі статистичних даних кращих таймерних моделей вибирають розміри моделі.

Виберемо, наприклад, щоб зменшити обсяг обчислювальної роботи, такі розміри моделі, як і рекордної, але польотна вага її — G моделі становить 0,75 кг — як вимагають того умови змагань.

Значення C_y , C_x , α , ω , Y_L , M кр. розвиваний, M кр. потрібний — ті самі.

Модель за 29—30 сек. набере висоту:

$$H = V_y \text{ набору висоти} \cdot t \text{ роботи двигуна}$$

$$H = 3,9 \text{ м/сек} \cdot 30 \text{ сек} = 117 \text{ метрів.}$$

Швидкість спуску моделі при авторотації:

$$V_y \text{ авт.} = 1,3 \cdot \frac{\sqrt{780}}{26} = 1,3 \cdot \frac{27,4}{26} = 1,3 \cdot 1,05 = 1,37 \text{ м/сек.}$$

З висоти 117 метрів буде спускатись:

$$t \text{ авт.} = \frac{H \text{ метрів}}{V_y \text{ авт.}} = \frac{117 \text{ м}}{1,37 \text{ м/сек}} = 85 \text{ сек.}$$

Загальний час польоту моделі:

$$t \text{ загальний} = t \text{ двигуна} + t \text{ авторотації}$$
$$t \text{ загальний} = 30 \text{ сек} + 85 \text{ сек} = 115 \text{ сек.}$$

АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК МОДЕЛІ СПІВВІСНОЇ СХЕМИ

У попередньому розділі було сказано, що тягу для польоту розвиває гвинт двигуна та великий несучий гвинт, але їхні тяги обернено пропорціональні їхнім діаметрам.

З гвинтом, що ви бачите на рис. 25, а, випробовують двигун на стенді і заміряють його тягу.

Тяга несучого гвинта великого діаметра:

$$T \text{ нес. гвинта} = \frac{T \text{ гвинта} \cdot D \text{ гвинта}}{D \text{ нес. гвинта}}$$

Діаметр несучого гвинта обчислюють, задаючись швидкістю спуску моделі V_y , авт.

$$D \text{ несучого гвинта} = 1,3 \frac{\sqrt{G \text{ мод. (г)}}}{V_y \text{ м. сек}}$$

Загальна тяга гвинтів:

$$T \text{ загальна} = T \text{ гвинта} + T \text{ несучого гвинта.}$$

Лишок тяги — T загальна ($кг$) — G моделі ($кг$) — йде на надання моделі вертикальної швидкості.

Чим більший буде цей лишок, тим більшою буде швидкість набирання висоти.

Моделі співвісної схеми набирають висоту з швидкістю V_y , н. в. = $3 \div 5$ м/сек, тому набрану висоту визначають:

$$H \text{ (метрів)} = 3 \div 5 \text{ м/сек} \cdot t \text{ роботи двигуна.}$$

Час спуску моделі з висоти H :

$$t \text{ авт.} = \frac{H \text{ метрів}}{V_y \text{ авторотації}}$$

Загальний час польоту моделі:

$$t \text{ заг.} = t \text{ роботи двигуна} + t \text{ авторотації.}$$

Приклад розрахунку моделі співвісної схеми

Розраховують рекордні й таймерні моделі однаково. У рекордних моделях дещо більший діаметр великого несучого гвинта. Для прикладу розрахуємо таймерну модель.

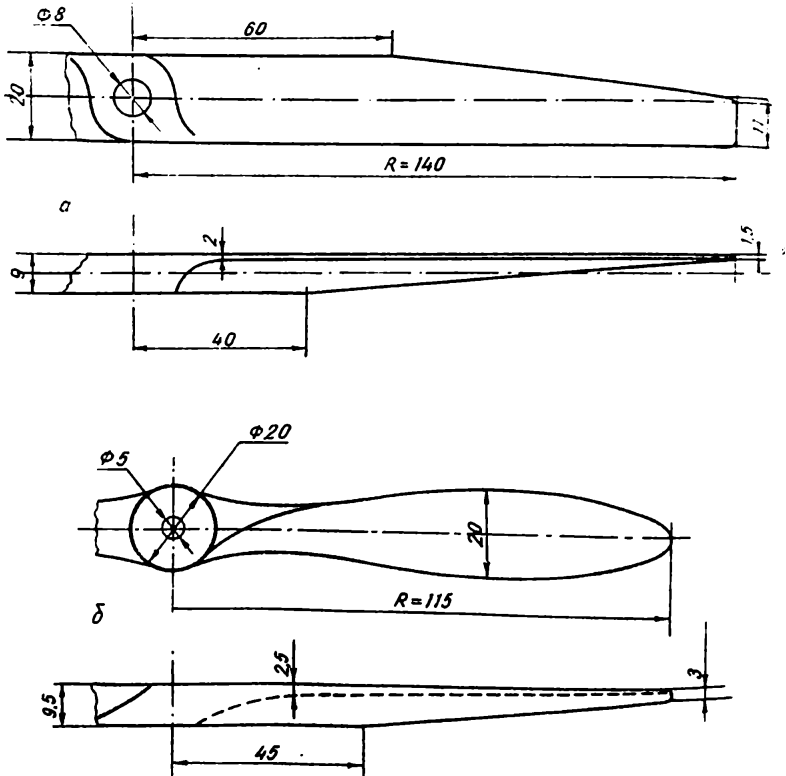


Рис. 25. Гвинти для двигунів МК-12В, «Ритм», МК-2,5ч «Харкі» :
 а — для моделей співвісної схеми, схеми «муха» і «літаючий мотор»;
 б — для моделей одно- і двоплозцевої схеми.

Вихідні дані

Польотна вага моделі з двигуном «Ритм» — G мод. = 0,75 кг.
Діаметр гвинта двигуна — D гвинта = 300 мм. Гвинт розвиває тягу 0,8 кг.

Порядок розрахунку

Приймаємо швидкість спуску моделі при авторотації — V_y авт. = 2 м/сек.

$$\text{Діаметр несучого гвинта} = 1,3 \frac{\sqrt{G \text{ мод. (г)}}}{V_y \text{ авт. м/сек}} = \frac{1,3 \cdot 27,4}{2} = 1780 \text{ мм.}$$

Обчислимо тягу несучого гвинта:

$$T \text{ нес. гвинта} = \frac{T \text{ гвинта двигуна} \cdot D \text{ гвинта}}{D \text{ несучого гвинта}} = \frac{0,8 \cdot 300 \text{ мм}}{1780 \text{ мм}} = 0,135 \text{ кг.}$$

Загальна тяга обох гвинтів:

$$T \text{ загальна} = T \text{ гвинта} + T \text{ несучого гвинта}$$

$$T \text{ загальна} = 0,8 \text{ кг} + 0,135 \text{ кг} = 0,935 \text{ кг.}$$

Лишок тяги (T загальна — G моделі = 0,935 кг — 0,75 кг = 0,185 кг) піде на надання моделі вертикальної швидкості.

Визначимо, яку висоту набере модель, якщо двигун буде працювати 30 сек.

$$H \text{ метрів} = V_y \text{ набору висоти} \cdot t \text{ двигуна} = 4 \text{ м/сек} \cdot 30 \text{ сек} = 120 \text{ метрів.}$$

Час спуску моделі з цієї висоти:

$$t \text{ авторотації} = \frac{H \text{ метрів}}{V_y \text{ авторотації}} = \frac{120 \text{ метрів}}{2 \text{ м/сек}} = 60 \text{ секунд.}$$

Загальний час польоту моделі:

$$t \text{ загальний} = t \text{ роботи двигуна} + t \text{ авторотації} = 30 \text{ сек} + 60 \text{ сек} = 90 \text{ секунд.}$$

Розрахунок моделей поперечної, поздовжньої схеми, а також схеми «муха» і «літаючий мотор» не відрізняються від розрахунку моделей однолопатевої схеми.

На розрахунках моделей з хвостовим гвинтом не зупиняємось, бо виготовляти моделі за цією схемою немає рації.

ДВИГУНИ ДЛЯ МОДЕЛЕЙ ВЕРТОЛЬОТІВ

ОСНОВНІ ТЕРМИНИ ТА ЇХНЄ ВИЗНАЧЕННЯ

D — внутрішній діаметр циліндра двигуна (*мм*);

h — «хід поршня» — відстань між крайнім верхнім і крайнім нижнім положенням будь-якої точки поршня (наприклад, його верхній обріз). Вона завжди дорівнює діаметрові кола, що його описує лець кривошипа.

МТ — «мертва точка» — крайнє положення поршня і кривошипового пальця, при якому їхні вісі перебувають в одній площині з осю вала.

ВМТ — «верхня мертва точка» — крайнє верхнє положення поршня відповідно до попереднього визначення МТ.

НМТ — «нижня мертва точка» — крайнє нижнє положення поршня відповідно до визначення МТ.

Робочий об'єм — об'єм, що його створює поршень під руху від НМТ до ВМТ в (*см³*).

Паливо — різноманітні рідини або їхні суміші, що горять.

Робоча суміш — суміш парів — найдрібніших краплин палива — з повітрям у потрібному для згорання співвідношенні.

Багата суміш — суміш, яка містить більше палива, ніж необхідно повністю воно згоріти за тій кількості повітря, яке є в ній (точніш кисню в повітрі). Слід зауважити, що занадто багаті паливом суміші не займаються.

Бідна суміш — суміш з недостатньою кількістю палива для відпрацювання маємо лишок невикористаного кисню. Від такої суміші і перегріваються стінки циліндра. Якщо суміш надміру збідніє, то вона також не займатиметься.

Нормальна суміш — після згоряння такої суміші не лишається ні палива, ні вільного кисню.

Авіамоделльні двигуни працюють за двотактним циклом. У двотактного двигуна робоча суміш всмоктується в картер, а звідти перепускається в циліндр. Таким чином, робоча суміш обмиває всі частини двигуна, які труться. Це дозволяє значно спростити систему змащення деталей, оскільки масло можна додавати безпосередньо в горючу рідину.

Авіамоделісти використовують два типи двотактних двигунів: компресійні і двигуни із свічкою розжарювання.

Компресійні двигуни — двигуни, в яких робоча суміш займається внаслідок стискання її в камері згоряння — без додаткових пристроїв запалювання.

Двигуни із свічкою розжарювання — двигуни, в яких робоча суміш запалюється нагрітою до високої температури спіраллю розжарювання. При запускові двигуна спіраль свічки розжарювання нагрівається електричним струмом від акумулятора або батареї. Коли двигун запустили, електричний струм вимикають, а далі спіраль свічки розжарюється за рахунок високої температури в камері згоряння. Отже, джерело електричного струму потрібне тільки для запуску.

Типовими паливами для компресійних двигунів є суміші ефіру, гасу та рицинової (касторової) олії або авіаційного масла МК, МС в різних пропорціях.

Прикладом такого палива може бути суміш:

ефір — 1 частина
гас — 1 частина
масло МК — 1 частина.

Типовими паливами для двигунів із свічкою розжарювання є суміші метилового спирту і рицинової олії в пропорціях:

1. метиловий спирт — 4 частини
рицинова олія — 1 частина
2. метиловий спирт — 3 частини
рицинова олія — 1 частина

Авіамоделльні двигуни поділяють на категорії за робочими об'ємами.

- 1 категорія — робочий об'єм до $2,5 \text{ см}^3$
- 2 категорія — робочий об'єм до 5 см^3
- 3 категорія — робочий об'єм до 10 см^3 .

Вітчизняна промисловість випускає авіамоделльні двигуни усіх категорій.

Основні технічні характеристики вітчизняних авіамодельних двигунів вміщено в таблиці 8.

Таблиця 8

| № п/п | Марка двигуна | Тип двигуна | Робочий об'єм (см ³) | Діаметр поршня (мм) | Хід поршня (мм) | Вага (г) | Норм. витрата палива (г/год) |
|-------|-------------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------|----------|------------------------------|
| 1 | МК-12В | компрес. | 2,46 | 15,5 | 13 | 130 | 0,28 |
| 2 | «Ритм» | компрес. | 2,46 | 14 | 16 | 200 | 0,32 |
| 3 | МК-2,5 ч «Харків» | компрес. | 2,47 | 15 | 14 | 140 | 0,3 |
| 4 | МК-16 | компрес. | 1,48 | 12,8 | 11,4 | 120 | 0,1 |
| 5 | «Вітерець» | компрес. | 1,47 | 11,8 | 13,5 | 95 | 0,15 |
| 6 | К-16 | компрес. | 4,4 | 16 | 22 | 280 | 0,15 |
| 7 | МД-2,5 «Метеор» | із свічкою розжарювання | 2,47 | 15 | 14 | 150 | 0,35 |
| 8 | ЦСКАМ | із свічкою розжарювання | 2,48 | 15 | 14 | 180 | 0,36 |
| 9 | МД-5 «Комета» | .. | 4,82 | 19 | 17 | 225 | 0,5 |
| 10 | «Політ» | .. | 5,6 | 22,4 | 15 | 200 | 0,6 |

Будову та умови експлуатації кожного двигуна можна взнати із технічної характеристики, яка додається в пакувальній коробці.

Двигуни моделей вертольотів повинні відповідати дещо іншим вимогам, ніж двигуни моделей літаків.

Передусім для моделей вертольотів потрібні потужніші двигуни, щоб модель могла летіти вертикально. Якщо двигун працюватиме з перебоями, то модель навіть не злетить у повітря. Тому необхідно, щоб двигун був надійним у роботі і розвивав максимальну потужність. А це залежить від паливної системи та охолодження двигуна.

Якщо двигун перегрівається, режим його роботи стає нестійким, і тому він не розвиває максимальної потужності.

Умови охолодження двигуна на моделях різних схем неоднакові. Так, наприклад, найгірші умови у двигунів, установлених на моделях

схеми з хвостовим гвинтом, оскільки тут циліндр двигуна не охолоджується потоком повітря від гвинта.

Кращі умови щодо цього у двигунів, установлених на моделях співвісної схеми, де вони обдуваються потоком повітря, а також і самі обертаються.

Найкращі ж умови охолодження у двигунів, установлених на моделях одно- і дволопатевої схеми.

Які ж двигуни найдоцільніші для кожної схеми?

Початківцям слід брати для моделей усіх схем невибагливі компресійні двигуни «Ритм», МК-12В, МК-16.

Слід зауважити, що треба звертати увагу й на вагу двигуна.

Найкращим компресійним двигуном для рекордних і таймерних моделей є двигун «Ритм». Він розвиває найбільшу потужність, надійний у роботі, а також відзначається порівняно невеликою витратою палива.

Авіамоделісти, які опанували компресійні двигуни, можуть застосовувати двигуни із свічкою розжарювання. Але ці двигуни слід застосовувати тільки після того, як набудеться досвід роботи з ними.

Найкращим із вітчизняних двигунів для таймерних моделей вертольотів є двигун із свічкою розжарювання ЦСКАМ.

Досі було сказано тільки про вибір двигуна, але ж на льотні якості моделі впливає робота гвинтомоторної установки в цілому. Тому дуже важливим є також вибір повітряного гвинта.

Розміри гвинта залежать від типу двигуна, схеми й призначення моделі. Один і той самий двигун, але встановлений на моделях різних схем, потребує різних повітряних гвинтів.

На моделях із біроторним приводом (співвісна схема, поздовжня, поперечна і т. д.) треба ставити гвинти великого діаметра.

Повітряні гвинти на моделях одно- і дволопатевої схеми працюють в інших умовах, тому й вимоги до них інші.

Вибір повітряного гвинта річ не легка. На рис. 25 дані шаблони гвинтів. Гвинт, показаний на рис. 25, а призначений для двигунів «Ритм», МК-12В, МК-2, «Харків», установлених на моделях співвісної схеми, схеми «літаючий мотор» та «муха». Гвинт, що його ви бачите на рис. 25, б, призначений для тих самих двигунів, але встановлених на моделях одно- та дволопатевої схеми.

ПАЛИВНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ДВИГУНІВ МОДЕЛЕЙ ВЕРТОЛЬОТІВ

Двигуни, установлені на моделях вертольотів, працюють в складніших умовах, ніж на моделях літаків, тому їхнім паливним системам треба приділяти більше уваги. Від паливної системи залежить режим роботи двигуна. Якщо робота двигуна незадовільна, то не можна домогтися добрих показників навіть з моделлю, яка має добрі льотні якості.

Паливні системи рекордних і таймерних моделей вертольотів навіть однієї і тієї схеми відрізняються між собою. Тому слід застосовувати ту паливну систему, яка задовольняє вимоги схеми і відповідає призначенню моделі.

ПАЛИВНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ДВИГУНІВ ТАЙМЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ВЕРТОЛЬОТІВ

Найпростіша паливна система двигуна таймерної моделі складається з паливного бачка і паливопровода, рис. 26.

Паливні бачки виготовляють з целулоїду (склеюють ацетоном), тонкої жерсті або нержавіючої сталі. Якщо бачок паяють з нержавіючої сталі, то користуються замість травленої соляної кислоти — ортофосфорною, розбавленою водою.

Бачок повинен мати певний об'єм, щоб двигун працював не більше визначеного умовами змагань часу. Об'єм бачка залежить від витрати палива, типу двигуна і кількості обертів повітряного гвинта за хвилину. Тому підбирають його в кожному конкретному випадку експериментально. Взагалі, об'єм бачка для двигунів МК-12В, «Ритм»

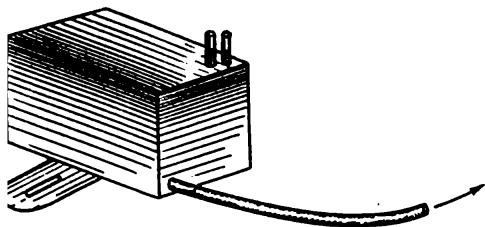


Рис. 26. Найпростіша паливна система таймерної моделі вертольота.

«Харків» можна обмежити 6—8 см³. Існуючі форми паливних бачків, які непогано зарекомендували себе на моделях однолопатевої схеми, показані на рис. 27.

Бачки кріплять до моторами гвинтами М3 з гайками. В металевій або целулоїдній пластинці роблять прорізи. Завдяки прорі-

зам бачок можна переміщати відносно двигуна і регулювати у такий спосіб якість суміші — від багаті до бідної.

На моделях одно- і дволопатевої схеми, щоб збіднити суміш, бачок пересувають до центра обертання. Щоб збагатити — від центра обертання. Мікрорегулювання якості суміші провадять голкою жикера двигуна.

Паливопровід виготовляють з тонкої пластмасової трубочки, наприклад хлорвінілової, яку використовують як ізоляцію для електричних провідників, або з гумової, наприклад велосипедного ніпеля.

Обмеження часу роботи двигуна об'ємом бачка має вади, і найловніша з них та, що точно обмежити час роботи двигуна в такий спосіб неможливо. Тому ці системи в умовах змагань застосовують тільки на крайній випадок. Вдаліша паливна система — це система автоматичним обмеженням часу роботи двигуна. У ній використо-

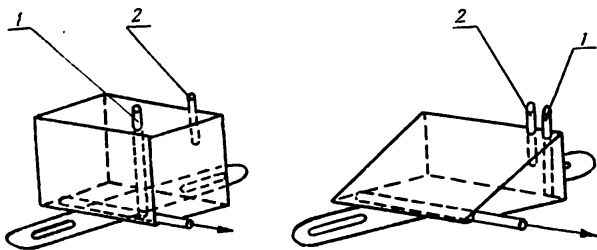


Рис. 27. Форми паливних бачків :
1 — заправна трубка; 2 — дренажна трубка.

вують годинниковий механізм — автоспуск від фотоапаратів ФЕД та інших. Після незначних переробок автоспуск (таймер) можна ставити на модель. Діє цей пристрій так. На вал годинникового механізму насаджують металевий диск з прорізом, рис. 28. Під час обертання диска в проріз потрапляє хитний важіль, якого відтягує пружина. До важеля прикріплена тяга із сталевого дроту. Вона з'єднана з краном, який перекриває подачу палива. Тяга може також затискати тонкостінний гумовий паливопровід.

Крім найпростіших паливних бачків застосовують також бачки-поїлки. Режим роботи двигуна з бачком-поїлкою сталіший, а надто на кінець моторного польоту. Найпростіший бачок-поїлка показаний на рис. 29.

Корпус бачка-поїлки склеюють із міліметрового прозорого целулоїду. В нього вклеюють перегородку. Щоб підтримувати однаковий тиск у порожнинах, у верхню частину перегородки вклеюють латунну або мідну трубку з внутрішнім діаметром 2 мм. Забірну паливну трубку вклеюють у перегородку знизу.

У корпус другої порожнини бачка вклеєно дві латунні трубки, обмотані нитками, які служать для заправки бачка паливом і дренажу. Після заправки трубочки з'єднують велосипедним ніпелем.

Під час роботи двигуна паливо переливається з порожнини II до

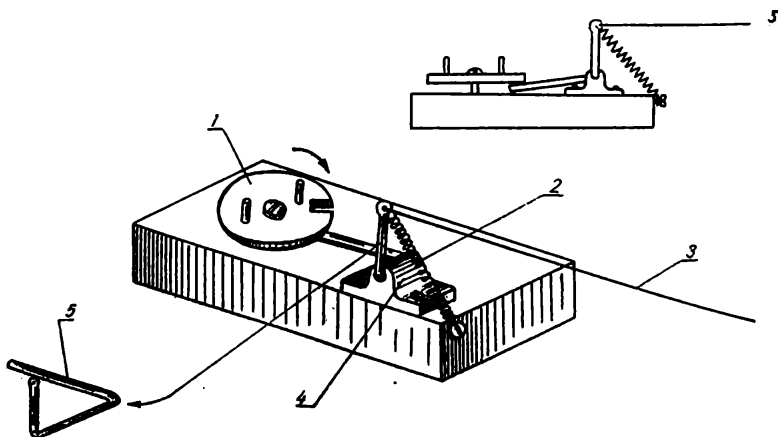


Рис. 28. Типовий таймер:

1— диск з прорізом; 2— пружина; 3— тяга; 4— кронштейн; 5— хитний важіль.

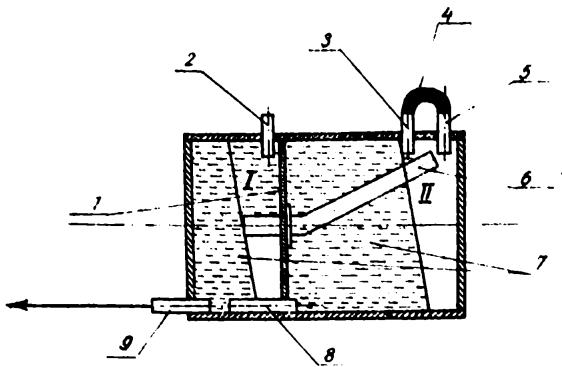


Рис. 29. Найпростіший бачок-поїлка.

1—целулойдна перегородка; 2—дренажна трубка; 3—дренажна трубка; 4—гумова трубка;
5—заправна трубка; 6—дренажна трубка; 7—паливо; 8—з'єднувальна трубка;
9—забірна трубка. I—перша порожнина; II—друга порожнина.

порожнини I. У порожнині I підтримується сталий рівень палива, тому й режим роботи двигуна сталий.

На моделях співвісної, поперечної та інших схем з біроторним приводом (несучий гвинт обертається за рахунок реактивного моменту гвинта двигуна) бачки встановлюють безпосередньо біля двигуна. Обов'язковою передумовою для сталої роботи двигуна й співвісності бачка й жиклера.

У зв'язку з підвищенням технічних вимог до таймерних моделей вертольотів авіамоделісти надають перевагу двигунам із свічками розжарювання, тому що вони потужніші.

Щоб такий двигун працював нормально, паливо треба подавати під тиском.

Добре зарекомендувала себе паливна система із створенням у ній надмірного тиску. Забір тиску провадиться із картера двигуна. Картер і бачок з'єднують товстостінною гумовою трубкою. Для герметизації паливної системи заправну та дренажну трубки бачка після заправки з'єднують велосипедним ніпелем.

Зупиняють двигуна, переваливаючи паливо. Під час запуску й роботи двигуна кран перезаливання закритий. У потрібний момент з допомогою таймера кран відкривається, паливо заливає карбюратор — і двигун зупиняється.

Такий спосіб зупинки двигуна має деякі переваги — при багато-

разових зупинках двигуна не згорає спіраль свічки розжарювання.

Паливна система двигуна із свічкою розжарювання і спосіб його зупинки подано на рис. 30. Цю систему можна застосовувати на таймерних моделях усіх схем.

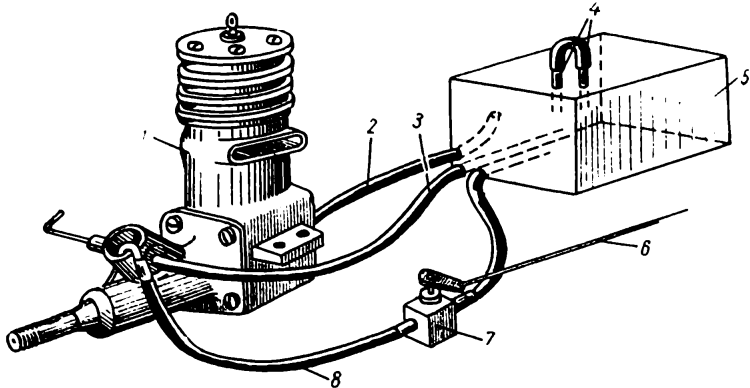


Рис. 30. Двигун із свічкою розжарювання і його паливна система:
1—двигун; 2—трубка, що підводить тиск у бачок; 3—забірна паливна трубка;
4—заправна і дренажна трубки; 5—бачок; 6—тяга від таймера; 7—кран;
8—трубка перезаливання палива.

ПАЛИВНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ДВИГУНІВ РЕКОРДНИХ МОДЕЛЕЙ ВЕРТОЛЬОТІВ

На борту рекордної моделі звичайно знаходиться значний запас палива. Щоб не порушилось регулювання моделі при витраті палива, бачок встановлюють у центрі обертання.

З бачка паливо надходить до двигуна під дією сил тяжіння та інерційних (відцентрових) сил. Для сталої роботи двигуна в паливну систему рекордних моделей вводять різні дозуючі пристрої, які стабілізують подачу палива. Додатково якість суміші регулюють, перемищуючи дозуючий пристрій відносно осі карбюратора, та голкою жиклера.

Вибираючи дозуючий пристрій, треба враховувати принцип його дії та призначення.

Паливні системи з дозуючими пристроями

Паливна система з витратним бачком

Паливну систему з витратним бачком показано на рис. 31. Застосують її на моделях одно- та дволопатевої схеми. Основна вада її — ла економічність. Значна кількість палива, яке надходить з основного бачка до витратного, викидається в атмосферу. Регулювати таку систему складно.

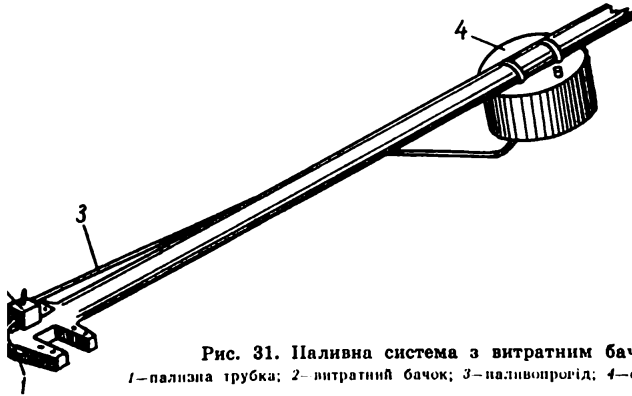


Рис. 31. Паливна система з витратним бачком:
1—паливна трубка; 2—витратний бачок; 3—паливнорегід; 4—основний бачок.

Коли надходять значні порції палива до витратного бачка, суміш стає дуже багатою, і двигун зупиняється. Тому бачок зміщують від центра обертання моделі. Якщо суміш збіднюється, витратний бачок іщують до центра обертання моделі.

У зв'язку з тим, що якість суміші залежить від кількості обертів делі, цю систему можна відрегулювати тільки на певний режим льоту, який не завжди є найкращим.

Для сталішої і надійнішої роботи двигуна в паливну систему вводять поплавкові камери.

Паливні системи з поплавковими камерами

Поплавкова камера обмежує кількість палива, яке надходить з основного бачка.

Тиск палива в паливній системі залежить від об'єму і положення поплавної камери.

Паливні системи з поплавковими камерами слід застосовувати для всіх рекордних моделей.

Для регулювання режиму роботи двигуна на максимальній потужності камеру необхідно закріплювати так, щоб її можна було переміщувати відносно осі карбюратора. Спочатку установлюють так, щоб її вісь збігалася з віссю жиклера. Зміщуючи її, регулюють режим роботи двигуна. Для сталої роботи двигуна в польоті викручують (на 1/8—1/4 оберта) голку жиклера.

Камера з вільноплаваючим поплавком

Корпус камери з вільноплаваючим поплавком (рис. 32) виточений з органічного скла. В денці корпусу нарізано різь М4 для штуцера забору палива. Корпус загвинчують різьбовою пробкою. В ній просвердлено отвір діаметром 1 мм для дренажу.

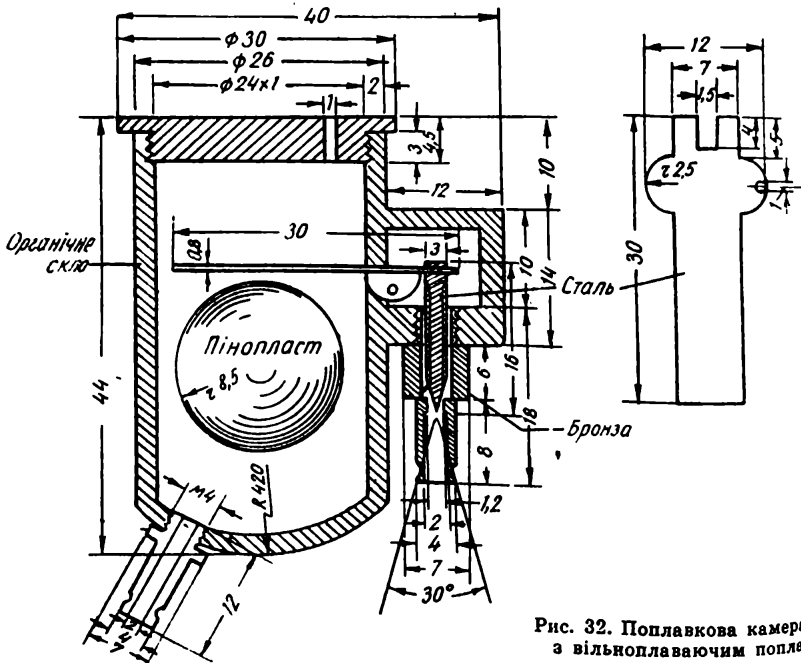


Рис. 32. Поплавкова камера з вільноплаваючим поплавком.

Дозуючий пристрій складається з шарнірно підвішеної сталюї пластинки, зв'язаної з голкою. Голка затуляє отвір в штуцері. В камері опускають поплавков-кульку з пінопласту діаметром 17—20 мм, промащений клеєм БФ-2 або БФ-4.

Камера працює так. Коли камеру наповнюють паливом, поплавок спливає і піднімає коромисло, сполучене з голкою. Голка затуляє отвір в штуцері. По тому, як паливо згоряє, поплавок опускається, голка відтуляє отвір в штуцері. В камеру надходить нова порція палива, і голка знову затуляє отвір в штуцері.

Ретельно виготовлена камера працює надійно і економічно.

Поплавкова камера з хитним поплавком

Корпус камери з хитним поплавком (рис. 33) виготовляють із прозорого целулоїду завтовшки 0,8—1,0 мм.

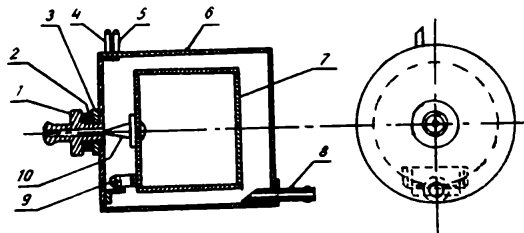


Рис. 33. Поплавкова камера з хитним поплавком:

- 1—штуцер відведення палива з бачка; 2—шайба; 3—пластинка з різьго; 4—заправна трубка;
5—дренажна трубка; 6—корпус камери; 7—поплавок; 8—штуцер забору палива;
9—хитний механізм; 10—голка.

Поплавок склеюють з целулоїдної стрічки (фото- або кіноплівки) і шарнірно підвішують до денця корпусу. В центрі поплавка приклеюють виштампувану з тонкого алюмінію півкулю невеликого діаметра з отвором у центрі. В отвір вставляють сталюю конічну голку з напівкруглою головою. Голка вільно хитається в півкулі.

До денця корпусу приклепана дюралюмінієва пластинка з різьго для штуцера. Штуцер має отвір діаметром 0,8 мм: через нього проходить паливо. Під штуцер підкладають металеві шайби з таким розрахунком, щоб при горизонтальному положенні поплавка голка затуляла отвір у штуцері. А щоб кінець голки не вискочив з цього отвору, вістря її, коли поплавок перебуває в крайньому нижньому положенні, має лишатися в отворі на 0,5—0,7 мм.

Принцип дії камери такий. Коли наповнити камеру, поплавок спливає, голка затуляє отвір в штуцері. Коли ж паливо відпрацюється, поплавок опускається, голка відтуляє отвір, і камера знову наповнюється паливом. Завдяки тому, що голка хитається в півкулі, вона центрується відносно отвору і щільно його затуляє.

А щоб поплавок був чутливий до зміни рівня палива в камері, треба, щоб його об'єм в кубічних сантиметрах перевищував у два три рази його власну вагу в грамах.

З метою зашкодити видуванню палива зустрічним потоком повітря дренажну трубку відводять до центра обертання моделі на 200—250 мм (для моделей одно- і дволопатевої схеми).

Таку камеру можна застосовувати на моделях всіх схем.

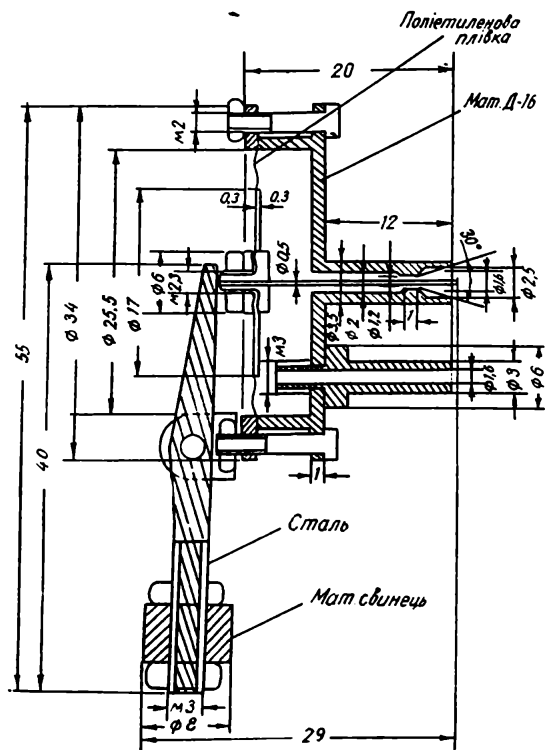


Рис. 34. Камера з відцентровим регулятором.

Паливна система з камерою, яка має відцентровий регулятор

Корпус камери з відцентровим регулятором (рис. 34) виточено з дюралюмінію. До корпусу гвинтами М2 закріплено кришку, а до неї на шарнірі підвішено коромисло з противагою.

В денці корпусу нарізано різь М3 для штуцера, через який надходить паливо від бачка.

Між корпусом і кришкою прокладено тонку поліетиленову плівку. В центрі плівки є отвір, в який вставляють і затиску-

ють гайками сталеву голку. Голка затуляє вхідний отвір у штуцері.

Щоб камера працювала надійно, вона має бути герметичною.

Камеру встановлюють на моделі так, щоб вісь обертання противаги була вертикальна. Штуцери спрямовані до центра обертання моделі.

Всі штуцери з'єднують товстостінними хлорвініловими трубочками.

Камера працює так. Коли модель розкручується, під дією відцентрових сил паливо надходить до камери. Відцентрові сили діють і на противагу, яка переміщає голку. Величину сили, діючої на голку, підбирають, переміщаючи противагу.

Камеру з відцентровим регулятором доцільно встановлювати на моделі одно- і дволопатевої схеми.

ПАЛИВНІ СИСТЕМИ ДВИГУНІВ ВИСОТНИХ РЕКОРДНИХ МОДЕЛЕЙ

Що вище підіймається модель, суміш стає багатшою. Але на багатій суміші зменшується потужність двигуна. Отже, модель перестане набирати висоту. Тому на висотних рекордних моделях треба застосовувати пристрої, які б автоматично збідняли суміш.

Паливна система з двома жиклерами

Паливна система з двома жиклерами (рис. 35) майже не відрізняється від паливних систем з поплавковими камерами. Її особливості в тому, що на всмоктувальний патрубок двигуна встановлюють додатковий жиклер.

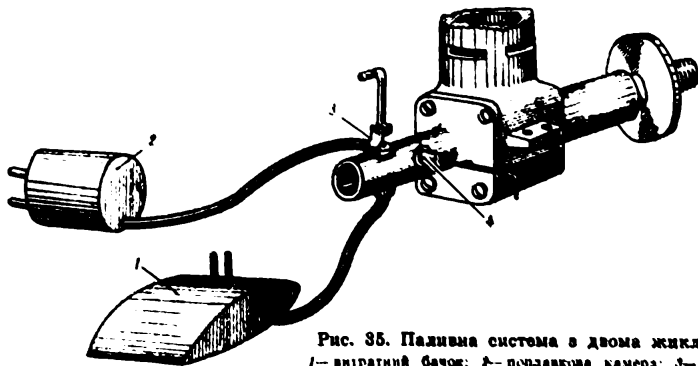


Рис. 35. Паливна система з двома жиклерами:
1—вигратний бачок; 2—поплавкова камера; 3—додатковий жиклер; 4—основний жиклер.

Забір палива з поплавкової камери провадиться одночасно двома жиклерами. Перший з них — основний, ним двигун регулюють для роботи на дуже збідненій суміші. Другим — додатковим жиклером — регулюють якість суміші до нормальної — для роботи двигуна на землі. Після запуску моделі двигун 15—20 хвилин працює з обома жиклерами, потім подача палива в додатковий жиклер переривається з допомогою різних пристроїв, зокрема таймера.

Паливна система з автоматом поступового збіднення суміші

Ця паливна система складається з основного бачка, поплавкової камери та автоматичного пристрою, який збіднює суміш пропорційно зміні тиску атмосфери, рис. 36.

Автоматичний пристрій складається з чутливого до зміни тиску елемента — анероїдної коробки і механізму зміни подачі палива у всмоктувальний патрубок двигуна.

Якщо немає анероїдної коробки, чутливий елемент можна виготовити в авіамодельній майстерні. Корпус чутливого елемента — кругла металева або пластмасова коробочка діаметром 30—35 мм. На корпусі нитками з гумовим клеєм закріплено тонку гумову плівку з штокком. Шток з'єднується з голкою жиклера. Чутливий елемент з штоком ви бачите на рис. 37.



Рис. 36. Паливна система з автоматом поступового збіднення суміші:
1—основний бачок; 2—паливопровід; 3—поплавкова камера;
4—чутливий елемент; 5—шток; 6—голка жиклера.

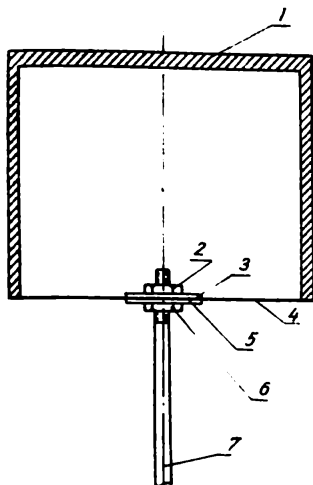


Рис. 37. Чутливий елемент автомата плавного збіднення суміші:
 1— корпус; 2— гайка; 3— шайба; 4— гумава плівка; 5— шайба; 6— гайка.
 7— шток.

По тому, як модель набирає висоту, від дії перепаду тисків (тиск у коробочці вищій, ніж довкола в атмосфері) гумава плівка випинається і шток пересувається.

Голка прокручується, палива поступає менше, робоча суміш, таким чином, автоматично збіднюється.

Щоб пристрій діяв безвідмовно, робочка повинна бути герметичною, а голка жиклера прокручуватись з мінімальними зусиллями. За максимального прокручування голки жиклера двигун повинен працювати на дуже бідній суміші. Шток прикріплено до голки жиклера так, щоб його легко було відмикати.

При запускові двигуна шток відмикають від голки і регулюють якість суміші до нормальної. А відтак з'єднують шток із голкою і відпускають модель.

Цю систему можна застосовувати на рекордних висотних моделях усіх схем.

АВТОМАТИКА НА МОДЕЛЯХ ВЕРТОЛЬОТІВ

Сучасний літальний апарат не може бути без автоматики. Автомати застосовують для різних цілей. Вони підвищують остійність у польоті, полегшують керування моделлю, контролюють роботу різних систем тощо.

В роботі автоматів використовуються закони фізики, механіки, гідравліки, аеромеханіки і т. д.

Нескладні за будовою та принципом дії автомати, які поліпшують льотні якості моделей, використовують зокрема і на моделях вертольотів.

АВТОМАТИ ДЛЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ (ПІДВИЩЕННЯ ОСТІЙНОСТІ) МОДЕЛЕЙ В ПОЛЬОТІ

Перші моделі вертольотів з механічними двигунами копіювали вертольоти «великої авіації» (в основному, схему з хвостовим гвинтом) і мали складні й важкі механізми. Незважаючи на те, що на них автоматів стояло досить густо, вони були малоостійні, літали всього по кілька секунд. Їхні польоти звичайно закінчувались аваріями. Тому авіамоделістам довелось багато попрацювати і над схемами моделей вертольотів, і над автоматикою, щоб підвищити остійність моделей.

Зараз авіамоделісти використовують в основному автомати, принцип дії яких полягає в гіроскопічному ефекті, який виникає при обертанні тіл. Гіроскопічний ефект полягає в тому, що тіло, яке обертається і має велику масу (вагу), прагне зберегти вісь обертання незмінною. Всі ви, певно, спостерігали, як крутиться дзига. Вона, поки

обертається, не падає. Це явище широко використовують у техніці, зокрема в приладобудуванні.

Найпоширенішим способом у досягненні остійності моделей співвісної, поперечної схеми та схеми «муха» в моторному польоті є встановлення автоматичної стабілізації площини обертання несучого гвинта. Для цього на кожній лопаті закріплюють невеликі свинцеві важки вагою 10—30 г, які при обертанні несучого гвинта створюють своєрідний гіроскоп. Несучий гвинт прагне зберегти площину свого обертання незмінною і, якщо на нього діє короткий час яка-небудь стороння сила, то він все одно знову повернеться в попереднє положення.

Для більшої ефективності лопаті кріплять з обмежувачами крайніх положень шарнірно.

Якщо вісь несучого гвинта відхиляється, то установочні кути лопатей змінюються так, що виникає момент, який повертає модель в попереднє положення.

Схему кріплення лопатей і важків показано на рис. 38.

Другий варіант такого способу стабілізації польоту — використання стабілізуючої штанги. На її кінцях закріплені невеличкі важки. Сама ж вона закріплюється на пластинці з тонкої сталі. Пластинка насаджується на вал несучого гвинта. Штанга тягами зв'язується з лопатями. Площина обертання штанги при обертанні несучого гвинта лишається майже незмінною. Якщо вал несучого гвинта відхиляється,

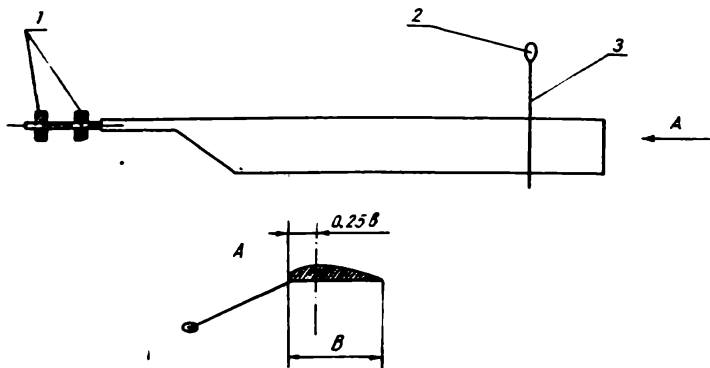


Рис. 38. Схема кріплення важків і лопаті:
1 — шарнір; 2 — свинцевий важок; 3 — сталевий дрiт.

то завдяки тягам установочні кути лопатей несучого гвинта змінюються так, що виникає відновлюючий момент, який повертає модель в попереднє положення.

Схему кріплення штанги, пластинки і лопатей несучого гвинта подано на рис. 39.

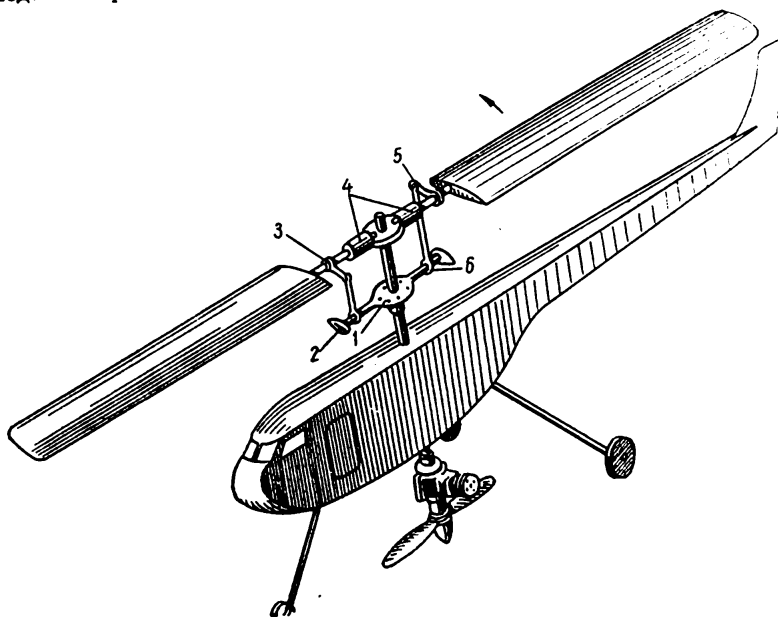


Рис. 39. Схема кріплення стабілізуючої штанги і лопатей:

1—сталева пластинка (стабілізуюча штанга); 2—свинцевий важок;
3—важіль-кронштейн; 4—шарніри; 5—тяги; 6—шарнір.

Для того щоб модель була остійною в польоті, необхідно, щоб несучий гвинт мав не менше трьох лопатей. Задля остійності застосовують також кілі, які установлюють на кінцях лопатей.

Площа кіля повинна становити не менше $1/3$ — $1/5$ площі лопаті. На рис. 40 показано несучий гвинт з кілями на лопатях.

Підвищити остійність моделі в моторному польоті можна також, використавши автодинамічну втулку.

Ознайомимося з роботою автодинамічної втулки.

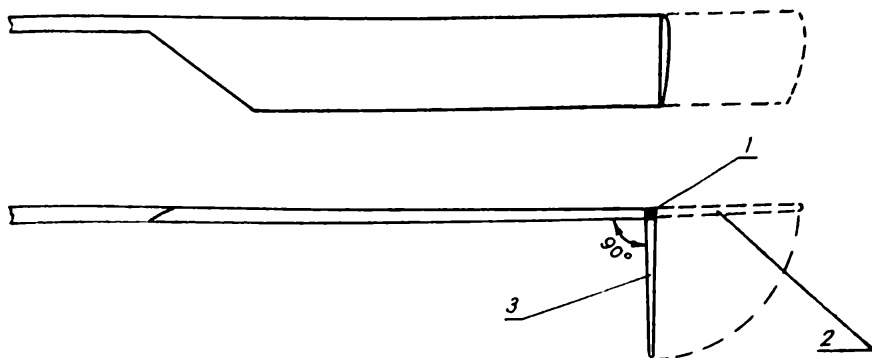


Рис. 40. Лопать несучого гвинта з кілем:

1— шарнір; 2— положення кіля під час авторотації; 3— положення кіля в моторному польоті.

Якщо лопаті закріплено на втулці несучого гвинта жорстко, то за вітру вони мають різну підймальну силу, і тому модель спочатку крениться, а згодом перекидається. Автодинамічна втулка й призначена, щоб вирівняти підймальні сили лопатей.

У цьому випадку лопаті кріплять на шарнірах, але шарніри зігнути під кутом до поздовжніх вісей лопатей. Лопаті можуть підніматись і опускатись до обмежувачів. При збільшенні підймальної сили лопать піднімається, а при зменшенні — опускається. Коли лопать піднімається, установочний кут її зменшується, а коли опускається — збільшується. Величина підймальної сили лопаті, яка піднімається, зменшується, і, навпаки, величина підймальної сили лопаті, яка опускається, збільшується за рахунок зміни їхніх установочних кутів.

З аеродинаміки відомо, що із збільшенням установочного кута (приблизно кута атаки) підймальна сила зростає, а із зменшенням кута атаки — падає. Отже, при обертанні несучого гвинта, незважаючи на вітер, кути установлювання лопатей змінюються таким чином, що в будь-яку мить підймальні сили всіх лопатей майже однакові. Завдяки цьому в польоті модель не завалюється на бік, а якщо й завалюється, то знову повертається в попереднє положення.

Кути згину шарнірів автодинамічної втулки слід вибирати в межах 30° — 45° .

Один із варіантів конструкції автодинамічних втулок показано на рис. 41.

Якщо використовують автодинамічну втулку, то ставити свинцеві важки на лопатях нема потреби.

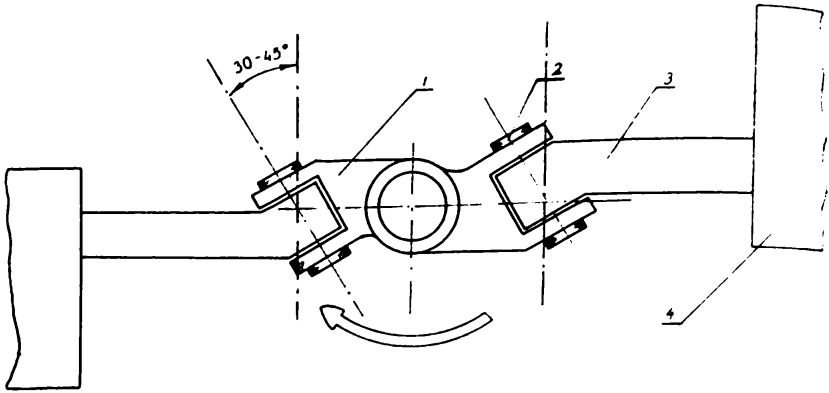


Рис. 41. Автодинамічна втулка:
1— корпус втулки; 2— шарнір; 3— вісь кріплення лопаті; 4— лопать.

Крім того, що автодинамічна втулка підвищує остійність моделі за моторного польоту, вона має ще одну дуже важливу властивість. Після закінчення моторного польоту модель спускається, лопаті піднімаються до обмежувачів, і їхні установочні кути зменшуються. Несучий гвинт дуже розкручується, і, зрозуміло, швидкість спуску зменшується. Загальний час польоту моделі збільшується, що дуже важливо для таймерних моделей.

АВТОМАТИ, ЩО ЗМЕНШУЮТЬ ШВИДКІСТЬ СПУСКУ МОДЕЛІ

У моделях співвісної, поперечної, поздовжньої схем та схеми «муха» роль таких автоматів виконують важки, установлені на кінцях лопатей, а також автодинамічна втулка.

З механікою роботи автодинамічної втулки, включаючи й авторотуючий спуск, ми щойно ознайомились.

Розглянемо, яким чином при авторотуючому спуску лопатей з важками зменшує установочний кут — близько до кутів, необхідних для авторотації.

Слід сказати, що найкращі установочні кути лопатей при авторотації 0° — 3° .

Коли двигун зупиняється, модель «провалюється», потік повітря набігає знизу. Важки балансують лопаті так, що центр тяжіння лопаті знаходиться перед віссю шарніра. Потік повітря, проходячи знизу

вверх, діє на більшу хвостову площу лопаті і прокручує її, зменшуючи установочний кут.

В однолопатеких і дволопатеких моделях вертольотів для зменшення швидкості спуску використовують автомати перебалансування лопатей. Перебалансування лопатей полягає в зменшенні їхніх кутів атаки.

Перебалансування лопатей можна досягти:

- 1) зменшуючи установочний кут стабілізатора;
- 2) використовуючи гіроскопічний ефект гвинта двигуна.

Перебалансування лопаті зміною установочного кута стабілізатора

Стабілізатор закріплюють на шарнірах. На ньому монтують важіль-кронштейн, до якого підводять тягу від таймера, рис. 42.

Модель регулюють на більшу швидкість піднімання, збільшуючи установочний кут стабілізатора, а на найменшу швидкість спуску — зменшуючи його.

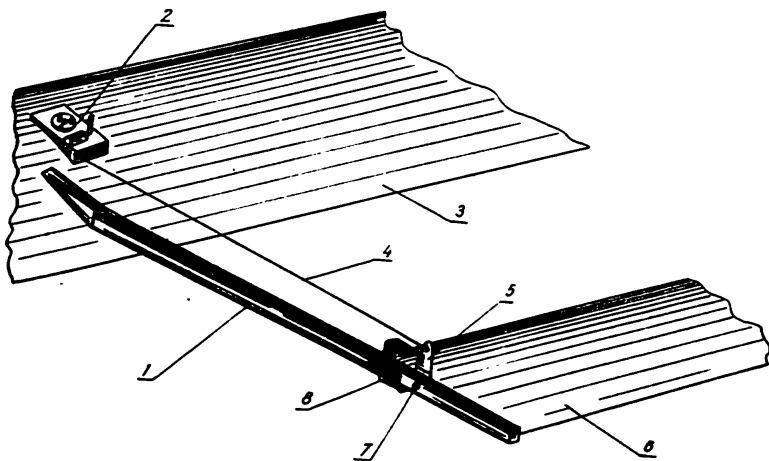


Рис. 42. Схема автоматики перебалансування лопаті шляхом змінювання установочного кута стабілізатора:
1— балочка стабілізатора; 2— таймер; 3— лопать; 4— тяга; 5— важіль; 6— стабілізатор;
7— гвинт, яким кріплять стабілізатор; 8— обмежувачі установочних кутів стабілізатора.

Принцип дії такого автомата такий: таймер одночасно зупиняє двигун і відпускає тягу, зв'язану з важелем на стабілізаторі. Під дією натягнутої гумової стрічки стабілізатор прокручується від нижнього обмежувача до верхнього, зменшуючи свій установочний кут. Із зменшенням установочного кута стабілізатора відносно лопаті дійсний кут атаки стабілізатора стає таким, що підймальна сила стабілізатора збільшується. А із збільшенням підймальної сили стабілізатора лопать зменшує свій установочний кут, який стає близьким до найвигіднішого за авторотуючого спуску.

Перебалансування лопаті шляхом використання гіроскопічного ефекту гвинта двигуна

Через складність фізичних явищ, які виникають при перебалансуванні лопаті у такий спосіб, обмежимося таким поясненням.

Якщо напрям обертання несучого гвинта і напрям обертання гвинта двигуна такі, як показано на рис. 43, то виникає момент, який збільшує установочний кут лопаті, і навпаки. Якщо напрями обертання несучого гвинта і гвинта двигуна не збігаються, установочний кут лопаті зменшується.

Для підвищення швидкості піднімання моделі необхідно, щоб установочний кут лопаті збільшувався, отже, треба, щоб напрями обертання несучого гвинта і гвинта двигуна збігались, тобто як показано на рисунку.

При зупинці двигуна дія цього моменту припиняється, і лопать зменшує свій установочний кут.

Найефектніший установочний кут стабілізатора підбирається під час запуску моделі.

Щоб дія моменту була значна, гвинти для двигунів виготовляють з важких порід дерева (бук, граб, клен).

Цей спосіб перебалансування лопаті простіший від попереднього, але дає непогані результати.

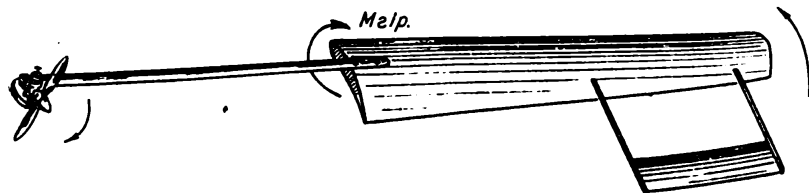


Рис. 43. Перебалансування лопатей шляхом використання гіроскопічного ефекту гвинта двигуна.

АВТОМАТИ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ ШВИДКОСТІ СПУСКУ МОДЕЛЕЙ

Моделі, особливо обладнані автоматикою, мають невелику швидкість спуску.

Відомо, що в атмосфері існують вертикальні повітряні течії, так звані термічні потоки. Вони виникають завдяки тому, що повітря біля землі нагрівається. А нагріте повітря легше за холодне, тому воно піднімається і створює термічні висхідні потоки. Швидкість їх досягає 5—10 м/сек, а в деяких випадках і більше.

Тому, якщо модель потрапляє в термічний потік, швидкість спуску її зменшується, а загальний час польоту збільшується. Але умови змагань обмежують загальний час польоту — не більше трьох хвилин, тобто — 180 очок.

Добре, якщо модель сідає через 3 хвилини, але в деяких випадках термічні висхідні потоки такі сильні, що модель не спускається, а піднімається, хоча мотор не працює.

Попадаючи в сильний термічний потік, модель може взагалі залетіти так високо або далеко, що зникне з поля зору.

Для того щоб моделі сідали через 3 хвилини, їх обладнують автоматами вимушеної посадки. Суть таких автоматів зводиться до того, щоб модель майже падала, тобто мала велику швидкість спуску.

На моделях однолопатевої схеми застосовують автомати, які після трихвилинного польоту набагато збільшують установочний кут стабілізатора. Автомат спрацьовує від таймера. Але простіше установити на стабілізаторі гніт, який згоряє і перепалює нитку, що фіксує кут стабілізатора, рис. 44.

Гніт має майже сталу швидкість згоряння, тому його можна вибрати за довжиною таким, щоб він згоряв за 3—3,5 хвилини. А щоб гніт не гаснув, його намочують у розчині марганцевокислого калію або селітри й добре висушують.

Крім такого автомата, на моделях однолопатевої схеми застосовують також автомат, який викидає невеликий парашут. Парашут виготовляють з тонкої тканини: шовку або батисту. На кінці лопати для парашута залишають порожнину. Парашут закривають обтічником, який приклеюють стрічками з тканини. До обтічника і лопаті закріплюють невеличкі гачки зі сталевого дроту. Обтічник відтягується стійкою гуми. Щоб парашут не викинувся в польоті, гачки на обтічнику і лопаті зв'язують тонкою ниткою або гумою, а між ними вставляють гніт. При згорянні гноту перегоряють нитки, і від дії гумової стрічки обтічник відкидається. Парашут викидається з порожнини внаслідок відцентрової сили, а також стрічного повітряного потоку.

Розкритий парашут має великий аеродинамічний опір, тому ло-

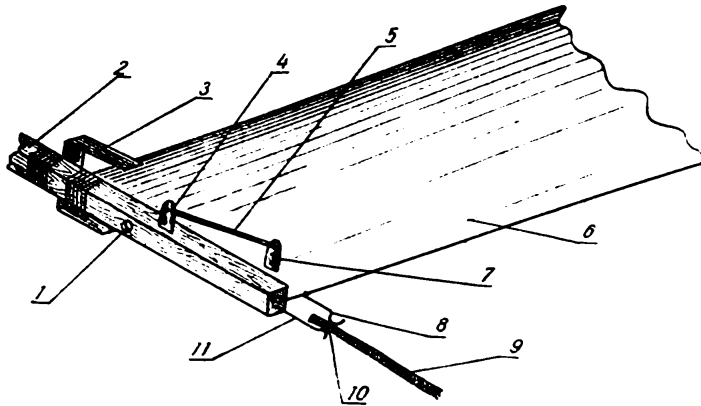


Рис. 44. Автоматика, яка змінюючи установочний кут стабілізатора, прискорює спуск моделі:

1— шарнір; 2— балочка стабілізатора; 3— обмежувачі; 4— кронштейн; 5— гума; 6— стабілізатор; 7— важіль; 8— дротяний гачок; 9— гніт; 10— нитки; 11— дротяний гачок.

пять обертається повільніше. Підймальна сила її зменшується, модель майже падає.

Автомат показано на рис. 45.

На моделях співвісної, поперечної і поздовжньої схем застосовують в основному автомати, які гальмують обертання несучо

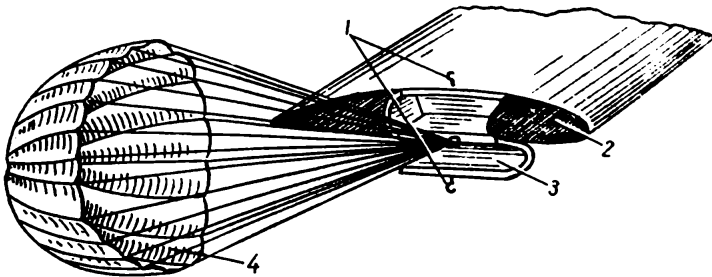


Рис. 45. Автомат з парашутом, щоб прискорити спуск моделі:

1— дротяні гачки; 2— зачіпка лопаті; 3— обтічник; 4— парашут.

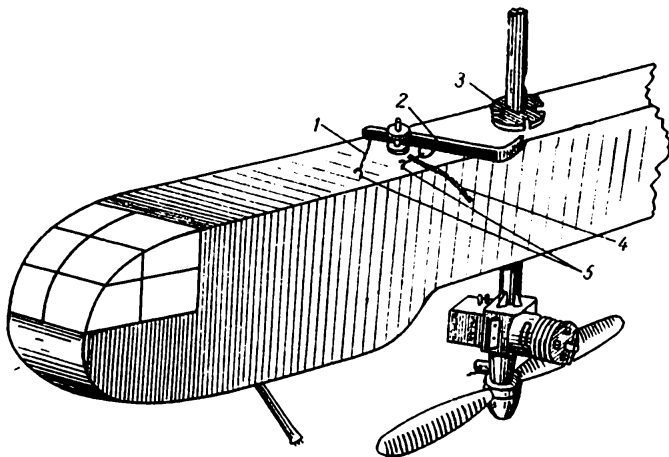


Рис. 46. Автомат для прискорення спуску моделі спієсної схем :
1 — гума; 2 — хронштейн-пластинка; 3 — диск з прорізами; 4 — гніт; 5 — дротяні гачки.

гвинта. В деяких випадках він зовсім переставе обертатись. Автомати ці спрацьовують від таймера або гнота.

Автомат, що застопорює несучого гвинта і спрацьовує від згоряючого гнота, показано на рис. 46.

Конструкція автомата така. На фюзеляж шарнірно закріплюють алюмінієву пластинку, кінець якої загнутий. На вал несучого гвинта насаджують диск з прорізами. Пластинка притягується до диска гумовою стьождкою. Щоб пластинка не зчіплювалася з диском і несучий гвинт вільно обертася в польоті, її прив'язують гумою або нитками до дротяного гачка на фюзеляжі. Між нитками ставлять гніт. Гніт підпалюють перед польотом. Коли гніт згоряє, перепалюються нитки, гума підтягує пластинку до диска, і несучий гвинт зупиняється. Модель спускається з великою швидкістю, тобто парашутує.

АВТОМАТИ ДЛЯ СКИДАННЯ БАЛАСТУ

Ці автомати необхідні при підготовці рекордних моделей до польоту на встановлення рекорду, оскільки треба заздалегідь знати, яку максимальну вагу палива зможе підняти модель.

Для цієї мети в центрі обертання моделі підвішують який-небудь вантаж, вагу якого поступово збільшують доти, аж поки модель не зможе злетіти. Час роботи двигуна обмежують 30—40 секундами з допомогою таймера, після чого модель авторотує, спускається. Але важка модель спускається з великою швидкістю, і при посадці може статися аварія. Тому бажано, щоб після зупинки двигуна вантаж скидався на землю. Полегшена модель спускатиметься з меншою швидкістю і м'яко приземлиться.

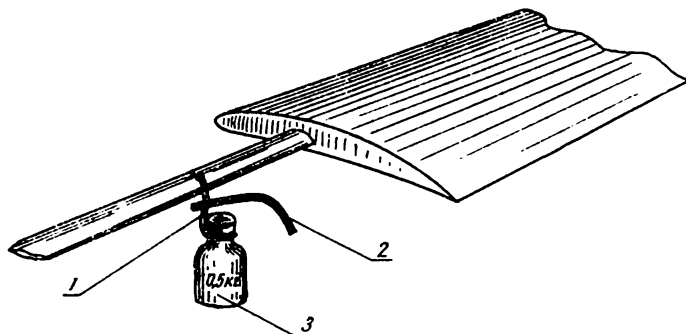


Рис. 47. Автомат для скидання баласту:
1 — нитки; 2 — гніт; 3 — баласт.

Такий автомат для моделей однолопатевої схеми ви бачите на рис. 47. Вантаж примотують нитками до штанги в центрі обертання. Між нитками ставлять гніт, який підпалюють перед польотом. Перепалені нитки розмотуються, і вантаж падає.

Але краще, якщо баластом є рідина, наприклад вода. Воду заливають в основний бачок, закріплений в центрі обертання моделі. На денці бачка ставлять невеликий кран. Кран відкривається за допомогою таймера або згоряючого гвота, і вода витікає.

Застосування води як баласту має деякі переваги. Під дією різних сил в польоті паливо зміщується, центрування моделі змінюється, характер польоту також змінюється, тому що установочний кут лопаті стає іншим. Вода, залита в бачок, по суті замінює вагу палива, тому регулювання моделі з водою точніше. Використовуючи воду як баласт, треба мати на увазі, що питома вага палива дорівнює $0,8 \text{ г/см}^3$, а води — 1 г/см^3 . Тобто, щоб вага палива була такою ж, як води, його треба залити в бак, більший за об'ємом у $5/4$ раза.

СТЕНДИ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ ДВИГУНІВ ТА МОДЕЛЕЙ ВЕРТОЛЬОТІВ

СТЕНД ДЛЯ ОБКАТКИ ДВИГУНІВ І ЗАМІРЮВАННЯ ВИТРАЧАННЯ ПАЛИВА

Перед тим як ставити двигуна на модель, його треба обкатати, щоб притерлися його деталі. Час обкатки і склад палива звичайно даються в технічній характеристиці двигуна, що її вкладено в пакувальну коробку.

Двигун промивають в бензині й установлюють на стенд, рис. 48.

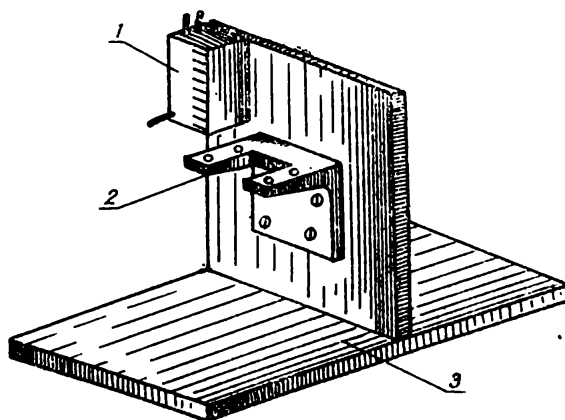


Рис. 48. Стенд для обкатки двигуна і замірювання витрати палива:
1—мірний бачок; 2—моторам; 3—станина.

Станина стенда зварена з двох сталевих пластин завтовшки 10—15 мм. Її можна виготовити також з дерева (бук, береза, клен), але збільшивши товщину до 40—50 мм.

Мотораму виготовляють із сталевого або дюралюмінієвого Г-подібного профілю і закріплюють до вертикальної стінки гвинтами з гайками. Двигун кріплять також на гвинтах.

Міряльний бачок об'ємом 200—300 см³ склеюють з товстого целулоїду або органічного скла. Органічне скло склеюють дихлоретановим клеєм (в дихлоретані розчиняють трохи ошурків органічного скла). В корпусі бачка свердлять отвори і вклеюють в них трубки, обмотавши перед цим нитками. На передній стінці бачка роблять рיסочки, що визначають об'єм.

Бачок кріплять до вертикальної стінки на гвинтах так, щоб його нижнє денце було на рівні з моторамою.

Витрату палива визначають так. Секундоміром фіксують, за який час двигун споживає паливо від одної риски до другої.

Об'єм палива між рисками відомий, отже, можна підрахувати годинну витрату палива, що дуже важливо для рекордних моделей. Наприклад, між двома рисками об'єм бачка становить 10 см³ і двигун працював 2 хвилини. Годинна витрата палива:

$$\frac{60 \text{ хв}}{2 \text{ хв}} \times 10 \text{ см}^3 = 300 \text{ см}^3,$$

а вага його:

$$300 \text{ см}^3 \times 0,8 \text{ г/см}^3 = 240 \text{ г}$$

СТЕНД ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ ПАЛИВНИХ СИСТЕМ ОДНОЛОПАТЕВИХ МОДЕЛЕЙ

Регулювання паливних систем однолопатевиx моделей на стенді значно простіше, ніж під час льотних випробувань. До того ж із невідрегульованою паливною системою двигун зупиняється, не набравши значної висоти, а це часто призводить до аварії. Щоб цього не сталося, паливні системи регулюють спочатку на стенді, рис. 49.

Стенд складається з основи довільної конструкції та вала з підшипниками, до якого закріплюють дерев'яну планку (бук, береза). Вал з підшипниками можна взяти від старого авіамодельного двигуна МК-12В, МК-12С або інших.

Основу кріплять гвинтами з гайками до стола. Тільки стіл має бути важкий.

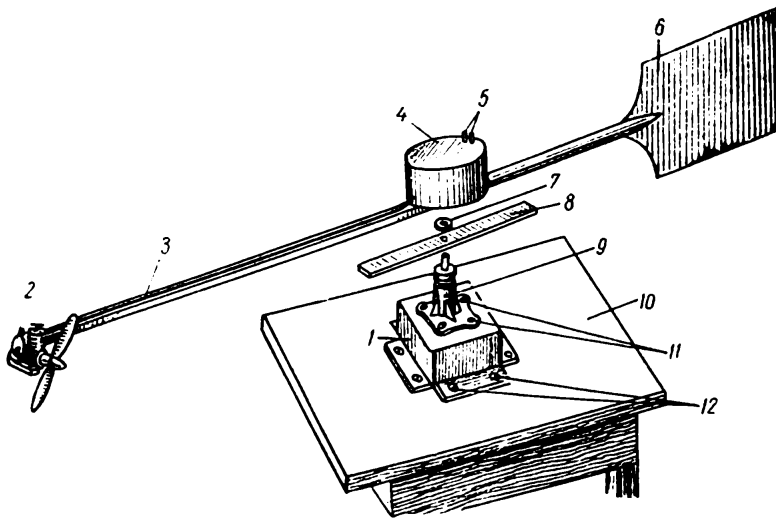


Рис. 49. Стенд для регулювання паливних систем однолопатевої моделі:

- 1— основа; 2— поплавкова камера; 3— паливопровід; 4— паливний бачок;
 5— дренажна і заправна трубки; 6— повітряне гальмо; 7— гайка; 8— пластина;
 9— носик з підшипниками від двигуна МК-12В; 10— стій;
 11— гвинти для кріплення носика; 12— гвинти для кріплення основ.

До дерев'яної планки прив'язують гумою модель, але так, щоб вісь обертання моделі знаходилася в центрі вала.

Детально, як регулюють паливні системи на стенді, описано в розділі «Паливні системи для двигунів моделей вертольотів».

СТЕНД ДЛЯ ЗАМІРЮВАННЯ ТЯГИ ПОВІТРЯНИХ ГВИНТІВ У ДВИГУНІВ

Цей стенд майже не відрізняється від описаного вище (рис. 50).

Замість дерев'яної планки, до якої припинають модель, на вал насаджують металеву пластинку (з дюралюмінію або сталі), до якої гвинтами закріплено мотораму і паливний бачок.

До другого кінця пластинки прив'язують пружинний динамометр, наприклад господарський, який є в продажу, з межами замірювань від 0 до 6 кг.

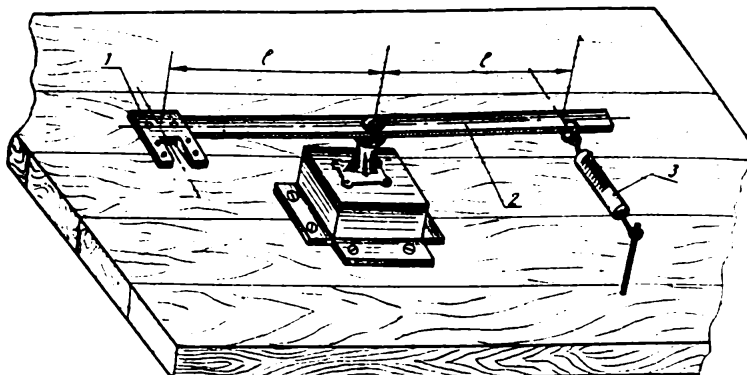


Рис. 50. Стенд для замірювання тяги гвинті :
1— моторама; 2— пластина; 3— динамометр.

Для точності треба, щоб відстані від вісі двигуна до вісі обертання і від вісі обертання до точки кріплення динамометра були однакові.

Вимірювання проводять так. Запускають двигун, регулюють його тримаючи рукою, а потім відпускають.

Динамометр показує силу тяги гвинта двигуна.

Звичайно підбирають такий повітряний гвинт, який розвине максимальну тягу.

СТЕНД ДЛЯ ЗАМІРЮВАНЬ ЗАГАЛЬНОЇ ТЯГИ ГВИНТІВ МОДЕЛЕЙ СПІВВІСНОЇ СХЕМИ

Конструкція стенда не відрізняється від попередньої. До мотора замість двигуна кріплять кронштейн, зігнутий із сталевий прутинки або дюралюмінію завтовшки 3—4 мм, рис. 51.

Розміри пластинки вибирають такі, щоб гвинти не торкалися столу.

Спозеляж припинають гумою до кронштейна. Запускають двигун, старанно регулюють і відпускають, чекаючи, доки розкрутиться сучий гвинт.

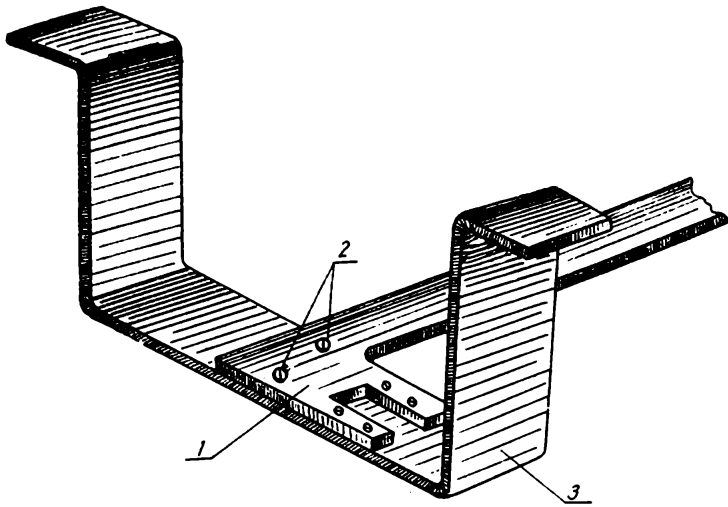


Рис. 51. Кріплення кронштейна на стенді для замірювання загальної тяги несучих гвинтів моделей співвісної схеми: 1— моторама; 2— гвинти для кріплення кронштейна; 3— кронштейн.

Динамометр показує загальну тягу гвинта двигуна і несучого гвинта.

РЕКОРДНІ І ТАЙМЕРНІ МОДЕЛІ ВЕРТОЛЬОТІВ

РЕКОРДНІ МОДЕЛІ

Щоб політ моделі, який перевищує існуюче рекордне досягнення, можна було оформити як рекорд, модель повинна відповідати вимогам, встановленим для даного типу міжнародною авіаційною федерацією (ФАІ). Ці правила включають такі пункти:

1. Робочий об'єм двигуна (двигунів) не повинен перевищувати 10 см^3 ;
2. Польотна вага моделі не більше 5 кг ;
3. Загальна площа лопаті (лопатеї) і стабілізатора (стабілізаторів) не більше 150 дм^2 ;
4. Модель повинна злітати з землі.

Щоб політ було затверджено рекордним, досягнуте має перевищувати вже існуюче:

- а) рекорд тривалості польоту — не менш ніж на 2% ;
- б) рекорд дальності польоту — не менш ніж на 2% ;
- в) рекорд висоти польоту — не менш ніж на 5% .

Маючи на меті встановити рекорд, авіамоделіст спочатку повинен подати заяву в судову колегію змагань, щоб вона дозволила провести рекордну спробу, а також підготувала документи й літак, який буде супроводжувати модель.

Крім заяви, авіамоделіст повинен подати:

1. Технічні дані моделі (розміри моделі, вага, який двигун і т. д.);
2. Креслення моделі в масштабі не менш ніж $1:5$;
3. Фотографії моделі, не менше двох штук розміром $13 \times 18 \text{ см}$.

У правилах реєстрації рекордних досягнень застережено, що літак або вертоліт, з якого спостерігають за польотом моделі, має знаходитись весь час нижче моделі. Отже, модель повинна добре виді-

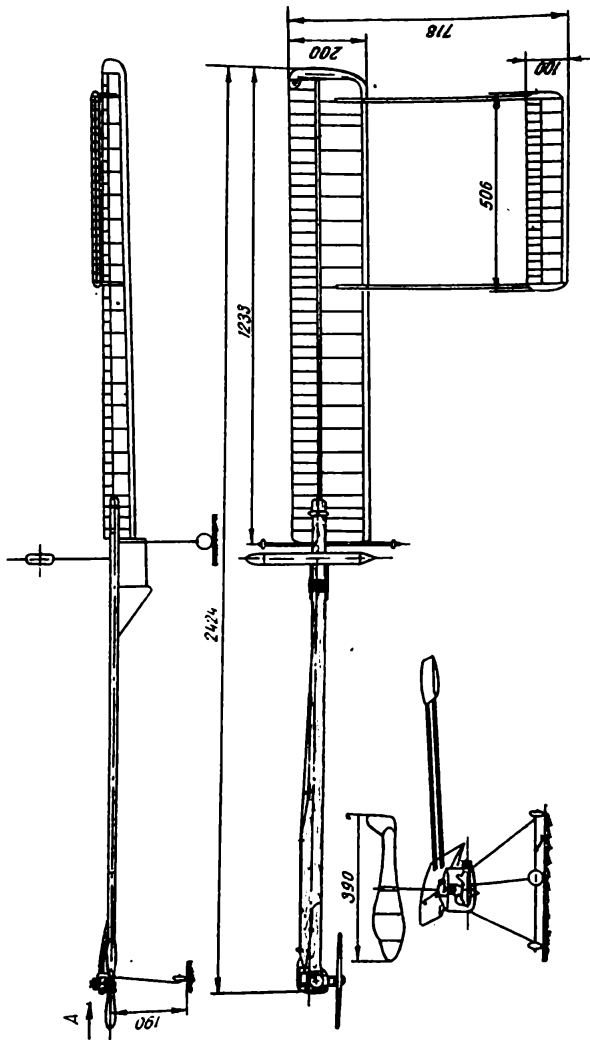


Рис. 52. Ротор для модели вертолета В. Найдовского.

лятись на фоні неба, і тому знизу її треба фарбувати в яскраві кольори, наприклад різні відтінки червоного кольору.

Не слід фарбувати модель знизу в синій або блакитний колір, бо в польоті вона зіллється з тлом неба і її можуть загубити.

Коли модель спускається, то літак знаходиться над моделлю, і за нею спостерігають зверху.

Щоб модель вирізнялася на тлі землі, її зверху фарбують у світліші кольори, наприклад у рожевий.

Найкраще робити модель смугасту, чергуючи контрастно кольори (червоний — білий, червоний — жовтий). Смуги можна наносити вздовж лопатей і впоперек.

Починаючи з 1958 року, рекорди ставилися в основному з моделями однолопатевої схеми, тому ми тут і розповімо про деякі моделі саме цих схем.

Рекордна модель вертольота В. Найдовського

З цією моделлю 1962 року на республіканських змаганнях авіамоделістів в м. Харкові автор цієї книжки поставив світовий рекорд тривалості польоту — 1 год 30 хв 49 сек, світовий рекорд дальності польоту — 25,6 км і республіканський рекорд висоти польоту — 1997 м.

Модель — однолопатевої схеми, креслення моделі в трьох проєкціях на рис. 52. Польотна вага моделі 1500 г, з них 600 г палива.

Лопать

Нервюри лопаті вирізано з бальзових пластин завтовшки 1,5 мм. Профіль лопаті MVA-301. Його подано на рис. 53. Крім нервюр, для підвищення точності носика профілю поставлено додаткові нервюри, які доходять до лонжерона.



Рис. 53. Нервюра лопаті.

Лонжерон складається з двох соснових рейок. Переріз верхньої рейки 8×3 мм, нижньої — 6×3 мм.

Передня крайка лопаті із сосни перерізом $3,5 \times 3,5$ мм також

оброблена за профілем. Закінцівки лопаті із бальзи. На кінці лопаті до лонжерона закріплені свинцевий важок вагою 80 г.

Для балочок, на яких кріплять стабілізатор, до нервюр приклеєні воробочки з целулоїду. Балочки — з бальзи, вони щільно заходять у воробочки.

Лопать віднімається від штанги. Щоб кріпити штангу, до лонжерона лопаті приклеєно і примотано тонкими нитками штирі з бамбука, рис. 54. В штанзі для них просвердлено отвори. Штангу при-

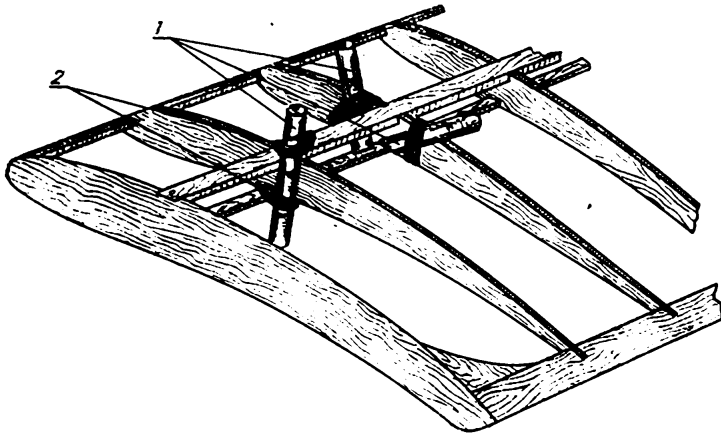


Рис. 54. Кріплення штанги до лопаті:

1— бамбукові штирі; 2— нитки з класю.

в'язують до лопаті за допомогою гумових стрічок. Лопать обклеєно дошговолоконним папером, пофарбованим у яскравий червоний колір, і кілька разів проемалічено. Коли емаліть лопать востаннє, то накручують її приблизно на 6° . Як це робити, видно з рис. 55.

Стабілізатор

Конструкція стабілізатора така, як і лопаті. Стабілізатор має симетричний профіль. Нервюри стабілізатора (рис. 56) виготовлені з бальзових пластинок товщиною 1,5 мм. Передня крайка із сосни 3×3 мм, верхня й нижня полиці лонжерона соснові, перерізом $5 \times 2,5$ мм. Задня крайка бальзова $2,5 \times 12$ мм. Закінцівки стабілізатора — з бальзи. До них приклеєні пластинки з товстого целулоїду,

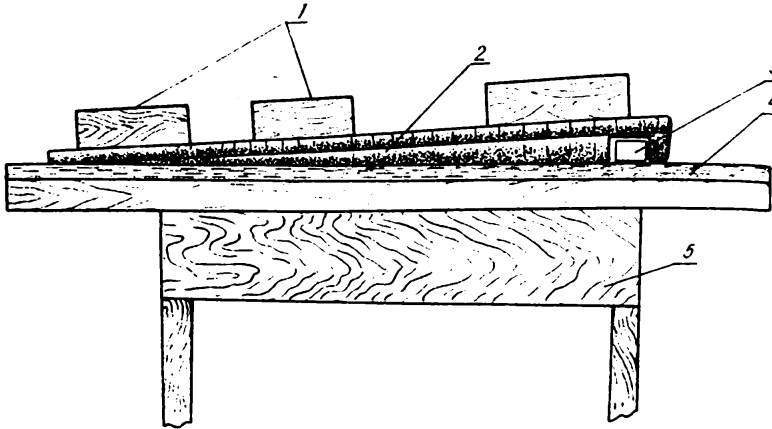


Рис. 55. Закручування лопаті після того, як її проемалічують:
1—вантаж; 2—лопать; 3—коробка з-під сірники; 4—товсте скло; 5—стіл



Рис. 56. Нервюра стабілізатора.

в яких нарізано різь МЗ. Стабілізатор обклеєний довговолокнист папером і проемалічений.

В отвори з різью МЗ на закінцівках угвинчено гвинти для гулювання установочних кутів.

Стабілізатор прив'язують до балочок з допомогою гуми. Кріплення стабілізатора показано на рис. 57. Стабілізатор установлюють приблизно під кутом 15° до хорди лопаті.

Штанга

Штанга виготовлена з бальзи і спрофільована. Профіль симетричний. Товщина штанги — 12 мм. На отвори в штанзі наклеєно шай з 1,5 мм целулоїду.

До другого кінця штанги приклеєно казеїновим клеєм мотора з 10 мм авіаційної фанери. Штанга і моторама склеєні «на ву» рис. 58. В місці склеювання зверху на емаліті наклеєно тонку капі

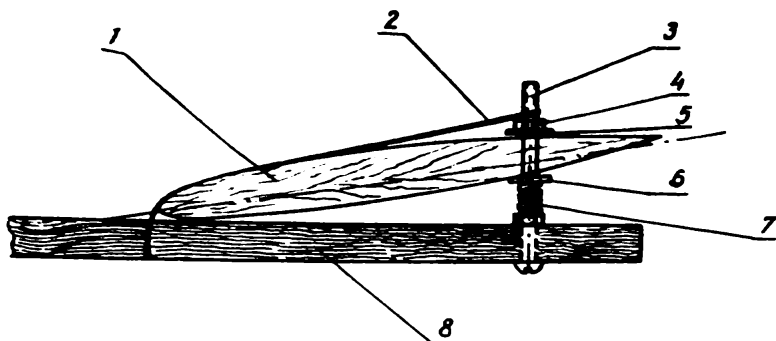


Рис. 57. Кріплення стабілізатора та регулювання його установочних кутів:
 1— стабілізатор; 2— гума; 3— гвинт; 4— гайка;
 5— шайба; 6— шайба; 7— пружина; 8— балочка.

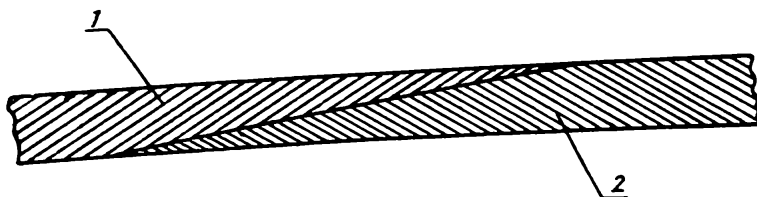


Рис. 58. Склеювання «на вус»:
 1— моторама; 2— штанга.

нову тканину, а вся штанга обклеєна довговолокнистим папером. Для хлорвінілової трубки-паливопроводу до штанги приклеєно целулоїдні вушка з отворами.

Шасі

Шасі складається з основного шасі, установленного в центрі ваги моделі, і підмоторної «ноги», закріпленої біля двигуна.

Основне шасі спаяне із сталевго дроту діаметром 2,5 мм. Висота шасі 250 мм. Вісь його також із сталевго дроту діаметром 3 мм. Колеса з пінопласту, їхній діаметр 60 мм. Їх покривають клеєм БФ-2, БФ-4 і обкають целулоїдною стрічкою на емаліті. В центрі приклеюють шайби з товстого целулоїду. Шасі прив'язують гумою до штанги по центру ваги моделі.

Підмоторна «нога» шасі із сталевого дроту діаметром 3 мм, закріплюють її до моторами тими ж гвинтами, що й двигуна. Колесо таке, як і на основному шасі.

Двигун і паливна система

На моделі встановлено серійний авіамодельний компресійний двигун МК-2,5ч «Харків». Повітряний гвинт діаметром 230 мм — з бука.

Паливна система складається з основного паливного бачка, паливопроводу—хлорвінілової трубочки та поплавкової камери, встановленої на моторамі. Основний бак склеєно з прозорого целулоїду товщиною 1 мм. В ньому вклеєно дві взаємно перпендикулярні целулоїдні перегородки. Знизу в перегородках зроблено отвори, які з'єднують усі порожнини бачка між собою. Зверху також є отвори, але вони служать для дренажу.

До денця бачка приклеєно півкульку з целулоїду, до якої приклеєно штуцер для забору палива, рис. 59. Зверху для заливання палива приклеєно горловину з пробкою, що нагвинчується, в якій просвердлено отвір діаметром 1 мм для дренажу. На горловину можна взяти головку тюбика з-під зубної пасти.

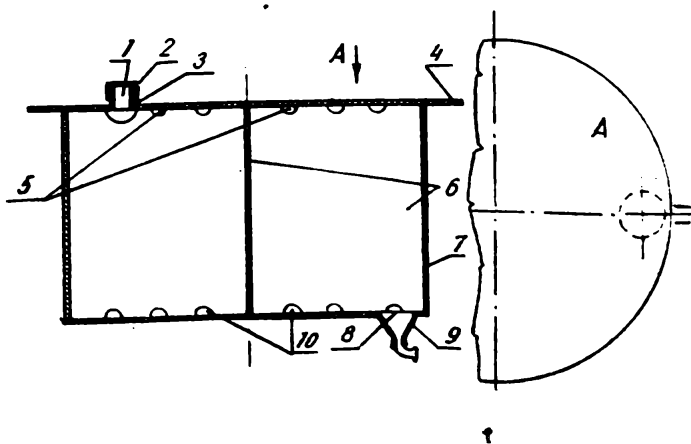


Рис. 59. Паливний бачок:

- 1— заправна горловина; 2— дренажний отвір; 3— кришка; 4— багнюкові решетки для кріплення бачка до штанги; 5— дренажні отвори; 6— перегородки; 7— корпус бачка; 8— сітка; 9— штуцер забору палива; 10— отвори для переливання палива.

Щоб кріпити основний бачок до штанги, до нього приклеєно емалітом дві реєчки з бамбука. Бачок прив'язують до штанги гумовою стрічкою по центру ваги моделі.

Фюзеляж моделі

Фюзеляж моделі виготовлено з бальзових пластин. Зверху і знизу наклеєно целулоїдні шайби. Фюзеляж надівають на дротяну вісь і закріплюють на ній нитками з емалітом. Вісь прив'язують гумою по центру ваги моделі.

Регулювання паливної системи і моделі

Спочатку регулюють паливну систему моделі. Для цього модель кріплять на стенді. Запускають двигун і відпускають модель. Якщо двигун зупиняється, то з двох причин: суміш бідна або багата. Якщо суміш бідна, поплавкову камеру зміщують до центра обертання, якщо багата—навпаки. Додатково якість суміші регулюють голкою жиклера. Якщо паливна система відрегульована, то можна почати льотні випробування моделі.

Для цього в основний бачок заливають небагато палива і запускають двигун. Якщо модель не злітає, збільшують установочний кут стабілізатора. Якщо ж, злетівши, лопать моделі установлюється під дуже великим кутом і модель повільно обертається, майже не набираючи висоти, то установочний кут стабілізатора зменшують.

Відрегулювавши модель, можна запустити її і в рекордний політ.

Рекордна модель вертольота О. Куксова

Ця модель побудована в 1965 році. З нею О. Куксов влітку 1965 року поставив три всесоюзні рекорди для школярів до 17 років: рекорд тривалості польоту — 1 год 11 хв 44 сек, рекорд дальності польоту — 16,7 км і рекорд висоти польоту — 1550 м.

Слід зауважити, що рекорд висоти польоту для авіамоделістів-школярів було поставлено уперше.

Модель О. Куксова, рис. 60, найпростіша серед рекордних моделей однолопатевої схеми. Польотна вага моделі 1400 г, з них 450 г палива. У моделі використано матеріали, які є в кожній авіамоделіній майстерні: соснові та липові рейки й одноміліметрова фанера. До речі сказати, що всі матеріали, крім емаліту, О. Куксов узяв із авіамоделітного набору № 14, який є у продажу в магазинах для юних техніків.

Скажемо про конструкцію цієї моделі.

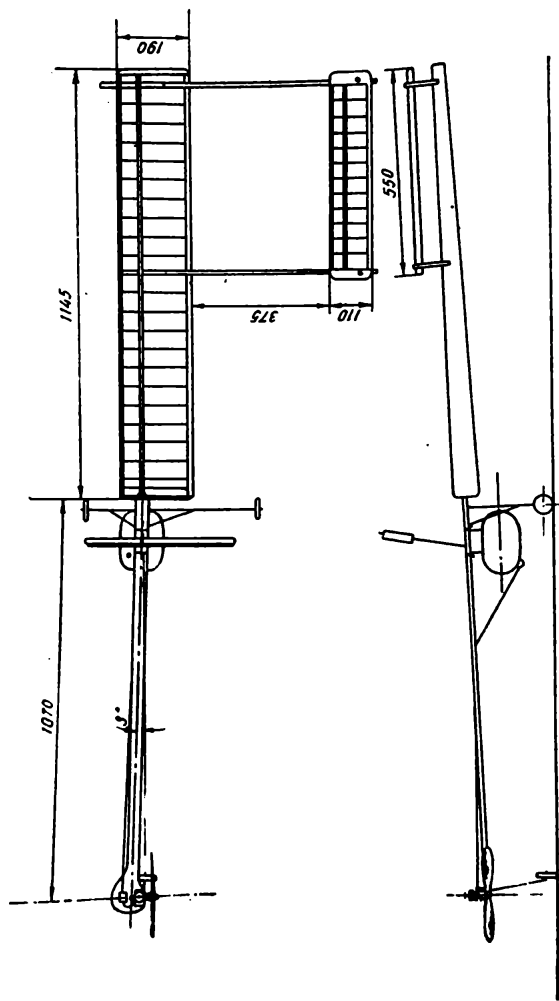


Рис. 60. Рекордна модель О. Куксова.

Лопать

Лопать прямокутної форми. Профіль лопаті Clark-Y, нервюри вирізані з одноміліметрової авіаційної фанери, рис. 61.



Рис. 61. Профіль лопаті.

Лонжерон складається з верхньої і нижньої полиць однакового перерізу — 8×3 мм. Передня крайка соснова — 4×4 мм, задня липова — $2,5 \times 12$ мм.

Закінцівки лопаті — нервюри — з триміліметрової фанери. На кінці лопаті до лонжерона нитками з клеєм примотано свинцевий важок вагою 75 г.

В місцях, де кріпляться балочки для стабілізатора, нервюри поставлено на відстані 12 мм. Між ними емалітом вклено коробочки з товстого паперу в кілька шарів.

Балочки стабілізатора — із липи перерізом 10×8 мм.

Щоб кріпити штангу, до лонжерона лопаті примотано нитками з клеєм дряні штирі діаметром 3 мм. Лопать обклеюють на емаліті довговолокнистим папером і кілька разів проемалічують.

Стабілізатор

Стабілізатор за конструкцією такий, як і лопать. Профіль його симетричний. Неврюри вирізані з одноміліметрової фанери, рис. 62.



Рис. 62. Профіль стабілізатора.

Закінцівки стабілізатора — нервюри — з триміліметрової фанери. До них приклеєно кубики з липи, в яких висвердлено отвори діаметром 3,5 мм — щоб кріпити і регулювати установочні кути стабілізатора. Стабілізатор обклеєний довговолокнистим папером і проемалічений. Кріплять його до балочок гумовими стрічками. Спосіб кріплення і регулювання установочних кутів стабілізатора показано на рис. 63.

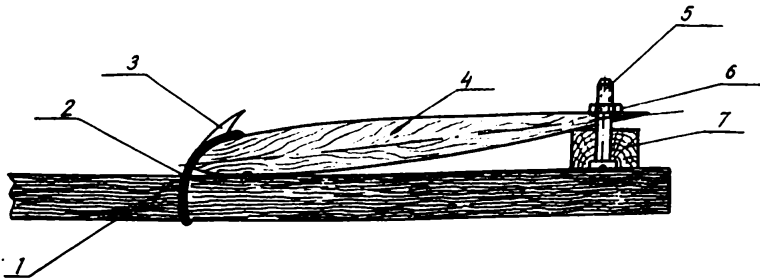


Рис. 63. Кріплення та регулювання установочних кутів стабілізатора:
 1— балочка; 2— гума; 3— целулоїдне вушко; 4— стабілізатор;
 5— гвинт; 6— гайка; 7— липовий кубик.

Штанга

Штангу виготовлено з липової рейки перерізом 10×25 мм. Має симетричний профіль. Щоб кріпити штангу до лопаті, в ній пороблено отвори для штирів. До другого кінця штанги «на вус» приклеєно казеїновим клеєм мотораму, вирізану з фанери завтовшки 10 мм. В штангу забито дротяні вушка — з канцелярських скріпок, — щоб за кріпити паливопровід. Штангу покривають емалітом.

Шасі

Шасі виготовлено із сталевго дроту діаметром 2,5 мм. На місця, де стикаються кінці дроту, намотують тонкий мідний дріт і зверху добре пропаюють. Колеса з пінопласту діаметром 50 мм покриті клеєм БФ-2 і обкантиовані целулоїдом.

Основне шасі кріплять у центрі ваги моделі гумовою стрічкою. Підмоторна «нога» шасі — із сталевго дроту діаметром 2,5 мм, кріплять її до моторами.

Двигун і паливна система

На моделі установлено серійний авіамодельний двигун МК-12В. Повітряний гвинт діаметром 250 мм виготовлено з берези. Паливна система складається з основного бачка, паливопроводу і поплавкової камери.

Основний бачок — з целулоїду, круглий, виготовлений з дитячої іграшки «ляльки-вставалки». Кріплять його до штанги за допомогою вушок з алюмінію, приклеєних до бачка, а зверху наклеюють емалітом стрічки з капронової тканини.

Знизу до бачка приклеєно латунну трубочку діаметром 3 мм, яку надіто целулоїдну шайбу, обмотану з обох боків нитками з кле-

зм. Зверху на бачок наклеєно горловину для заправки (головка тю-
лика з-під зубної пасти). В кришечці зроблено отвір діаметром 1 мм
для дренажу.

Паливопровід — тонка хлорвінілова трубочка.

Поплашкову камеру закріплюють до моторами.

Фюзеляж моделі

Фюзеляж моделі виготовлено з пінопластової пластини зав-
товшки 15 мм. Зверху і знизу в місцях, де має проходити дротяна
вісь, його покривають клеєм БФ-2, а зверху наклеюють на емаліті
делулоїдні шайби. Вісь фюзеляжу — із сталевого дроту діаметром
1,5 мм, закріплюють її до штанги гумою по центру ваги моделі.

Регулювання паливної системи і моделі

Зважаючи, що паливна система і модель О. Куксова принципово
те відрізняється від моделі попередньої, регулюють паливну систему
та модель так само.

ТАЙМЕРНІ МОДЕЛІ

До 1966 року змагання по таймерних моделях вертольотів проводи-
лись тільки на чемпіонатах вищих учбових закладів СРСР.

З січня 1966 року клас таймерних моделей вертольотів став «пов-
ноправним громадянином» серед інших класів. Для цих моделей роз-
роблено спеціальні технічні вимоги та умови змагань.

Технічні вимоги до таймерних моделей вертольотів

1. Робочий об'єм двигуна не повинен перевищувати 2,5 см³.
2. Польотна вага моделі в грамах не менша трьохсоткратного
об'єму двигуна, тобто об'єм двигуна в см³ × 300.
3. Двигун повинен працювати не більше 30 сек.
4. Модель може злітати з землі і з рук.
5. Модель повинна спускатись на авторотуючому несучому гвин-
тові.

Кожен учасник змагань сам запускає і регулює двигуна, а також
випускає модель у політ.

Спробою вважається політ, загальна тривалість якого (робота дви-
гуна і авторотуючий спуск) становить менше 20 секунд, а також політ,
коли час роботи двигуна перевищує 30 секунд.

Заліковий політ

1. Перша спроба, коли час роботи двигуна становить 30 секунд і менше, а загальна тривалість польоту 20 секунд і більше.

2. Друга спроба, коли час роботи двигуна становить 30 секунд і менше, незважаючи, який загальний час польоту.

Для таймерних моделей вертольотів установлена розрядна сітка така, як і для таймерних моделей літаків.

| Розряд | Майстер спорту СРСР | Кандидат у майстри спорту СРСР | I | II | III | Юнацький | | |
|------------------|---------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|----------|-----|-----|
| | | | | | | I | II | III |
| норматив в очках | 900 | 875 | 800 | 600 | 400 | 300 | 200 | 100 |

Нормативи, вказані в сітці, мають бути виконані за п'ять турів (5 польотів моделі).

Максимальна кількість очок, яку можна набрати за один політ — 180, тобто фіксується політ тривалістю 3 хвилини. Час, який модель літає після трихвилинного польоту, до уваги не береться.

Розряди присвоюють у тому разі, якщо змагання проводились за правилами, затвердженими Федерацією авіаційного спорту СРСР.

1. Норму майстра спорту зараховують, якщо вона виконана на змаганнях не нижче республіканського масштабу.

2. Норма кандидата в майстри спорту зараховується, якщо вона виконана на змаганнях не нижче обласного масштабу.

3. Виконання норм I, II, III розрядів, а також юнацьких I, II, III розрядів зараховують на змаганнях будь-якого масштабу.

4. Юнацькі розряди присуджують авіамоделістам-школярам віком від 12 до 18 років.

5. Вищі розряди присуджують авіамоделістам, які мають попередній розряд.

6. Окрім того, авіамоделістові присуджується розряд, якщо в даному році він брав участь в такій кількості змагань будь-яких масштабів:

| | |
|---------------------------|--------------|
| майстер спорту СРСР | — 6 змагань |
| кандидат у майстри спорту | — 5 змагань |
| I розряд | — 4 змагання |

7. Звання майстра спорту СРСР з авіамоделізму присуджують також, якщо авіамоделіст за два роки поставив два світових рекорди.

8. Звання кандидата в майстри спорту СРСР з авіамоделізму присуджують, якщо авіамоделіст поставить один світовий рекорд з будь-яких моделей, які занесені в сітку світових рекордів.

На відміну від рекордних моделей, основною вимогою до яких є максимальна вантажопідйомність, таймерні моделі повинні мати:

I. Максимальну швидкість набирання висоти.

II. Мінімальну швидкість авторотуючого спуску.

Щоб задовольнити ці вимоги, треба, щоб:

а) двигун працював не менше встановленого часу на максимальній потужності;

б) після зупинки двигуна модель відразу ж переходила на режим авторотації;

в) модель мала найменшу вагу, обумовлену технічними вимогами;

г) надійно працювала автоматика;

д) модель спускалась не вертикально, а під кутом до горизонту, тобто планувала.

Зупинимось коротко на цих основних пунктах.

I. Чим довше й краще, без перебоїв працює двигун, тим більшу висоту набере модель. Тому треба, щоб двигун працював 29—29,9 сек. Якщо двигун буде працювати навіть 30,1 сек, то цей політ моделі не буде зарахований, він буде визначений як спроба. Для зупинки двигуна слід використовувати тільки таймери.

II. Для того щоб модель після зупинки двигуна переходила на режим авторотації, необхідно застосувати автоматичку, з допомогою якої перед зупинкою двигуна лопать зменшувала б установочний кут до необхідної для авторотації величини. Цього домагаються за допомогою таймера. Спочатку повинен зменшуватись кут установки стабілізатора, а потім зупинятись двигун — з різницею приблизно в $\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$ секунди. Коли зменшується кут атаки стабілізатора, змен-

шується і установочний кут лопаті. При цьому опір обертанню моделі набагато зменшується, і вона дуже розкручується. Завдяки силам інерції, хоч двигун і не працює, вона обертається і спочатку майже не спускається. Згодом, внаслідок опору, кількість обертів моделі зменшується, і вона починає плавно спускатись із сталою швидкістю.

III. Модель, яка має найменшу вагу, буде спускатись з найменшою швидкістю. Але умовами змагань передбачена мінімальна вага моделі. Отже, треба її дотримуватись, із збільшенням ваги моделі і швидкість набирання висоти, і швидкість спуску грають не на її користь, тому загальний час польоту моделі зменшиться.

IV. Від того, як надійно працюватиме автоматика, залежить успіх у змаганнях. Навіть з моделлю, яка добре літає, можна погано виступити, коли автоматика часто підводить. Передусім це стосується

автоматики, що обмежує час роботи двигуна. За умовами змагань, якщо в одному турі буде зроблено дві спроби (наприклад, двигун перепрацьовуватиме, тобто працюватиме більше як 30 секунд), авіамоделісту зараховують у цьому турі 0 (нуль) очок.

Візьмемо другий приклад.

Не спрацювала автоматика перебалансування лопаті. Модель спускатиметься з більшою швидкістю. Отже, загальний час польоту зменшиться.

Або ось такий приклад. Не спрацювала автоматика збільшення швидкості спуску моделі за авторотації. Модель попала в термічний висхідний потік і, замість спуску, набирає висоту і взагалі зникає з поля зору. Звичайно, в цьому польоті модель літає «максимум» часу, і авіамоделістові зараховують 180 очок. Але в наступному турі треба запускати другу, запасну модель. Гірше, якщо такої зовсім нема. Тоді в подальших турах авіамоделіст одержує нулі.

Наведені приклади свідчать, що автоматичі треба надавати серйозної уваги. Тому на моделях слід застосовувати автоматику нескладну, але таку, що працює надійно.

V. Від швидкості спуску моделі залежить в основному результат польоту. Взагалі вона повинна бути майже в 5 разів меншою, ніж швидкість піднімання в повітря при роботі двигуна. Тоді модель літатиме «максимум»:

$$\frac{t \text{ автоматизації}}{t \text{ моторного польоту}} = \frac{150 \text{ сек}}{30 \text{ сек}} = 5$$

У тих же моделях, що досі існують, це відношення не перевищує 3—3,5. Раніше було сказано, що для зменшення швидкості спуску треба, щоб модель спускалась під кутом до горизонту. Швидкість спуску в цьому разі зменшиться майже в 2 рази. Але на моделях одноплатевої схеми досягти планеруючого спуску неможливо. Перспективнішими з цього боку є моделі співвісної схеми.

Розглянемо тепер деякі конструкції таймерних моделей.

Таймерна модель вертольота В. Найдовського

З цієї моделлю її автор неодноразово брав участь в змаганнях і займав призові місця. На відміну від рекордних моделей вона запускається з рук, а сідає на костилі. Модель у двох проекціях ви бачите на рис. 64. Вага моделі 750 грамів.

Лопать

Лопать прямокутна. Профіль її MVA-301. Нервюри, рис. 65, вирізано з бальзових пластин завтовшки 2,5 мм. Полиці лонжеронів із

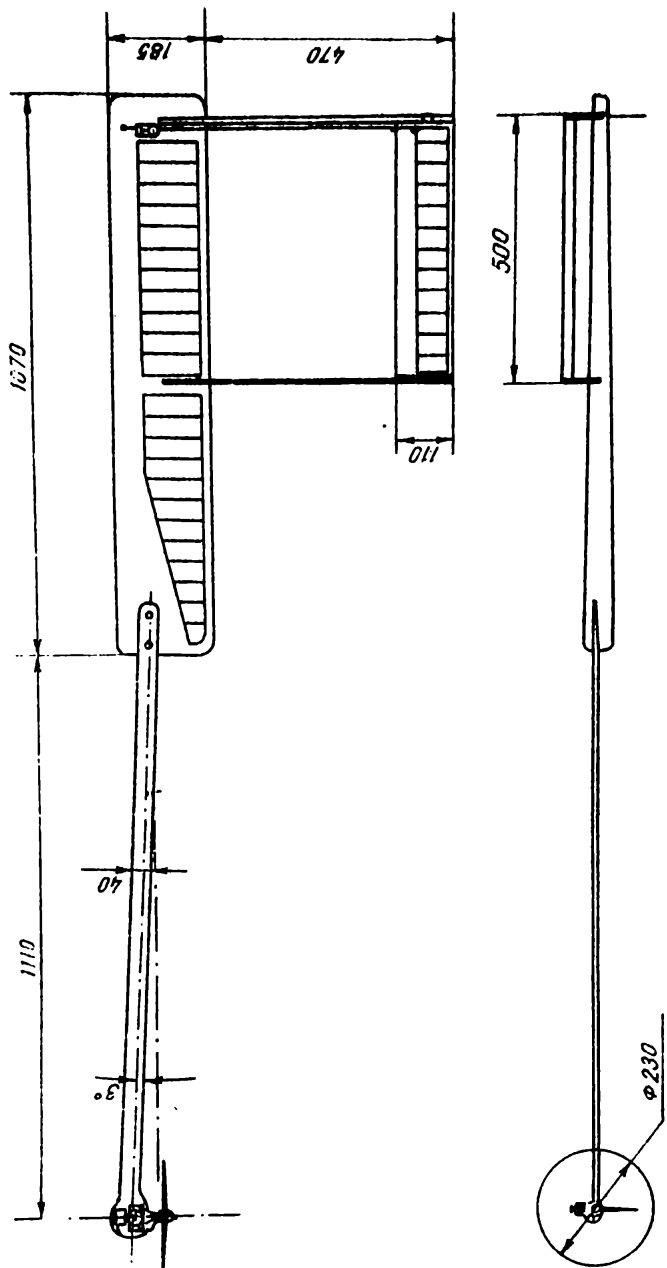


Рис. 64. Таймерна модель В. Найдовського

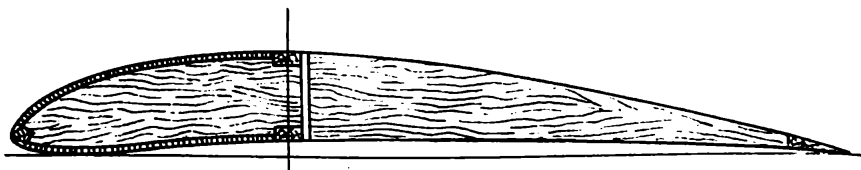


Рис. 65. Нервюра лопаті.

сосни перерізом 6×3 мм. Передня крайка з бальзи 4×4 мм. Носик лопаті до лонжерона зашитий бальзою товщиною $1,5$ мм і оброблений за профілем. Задня крайка з бальзи 3×15 мм. Між нервюрами для балочок стабілізатора вклеєно коробочки з паперу. Закінцівки лопаті—з бальзи, оброблені за профілем. На кінці лопаті замість важка-противаги встановлено таймер. Для нього в лопаті зроблено коробку з целулоїду. Таймер кріпиться двома гвинтами М3. До лонжерона біля закінцівки примотано нитками з клеєм костиля. Із сталевого дроту діаметром 3 мм. На другому кінці лопаті примотані до лонжерона нитками з емалітом дюралюмінієві кронштейни (рис.66.), в яких нарізано різь М6 для кріплення штанги. Гвинти кріплення штанги виточені з дюралюмінію. На лопаті приклеєні целулоїдні вушка для тяги від таймера до двигуна. Лопать обклеєно довговолонистим папером жовтогарячого кольору і кілька разів проемалічено. Закручена вона на 6° .

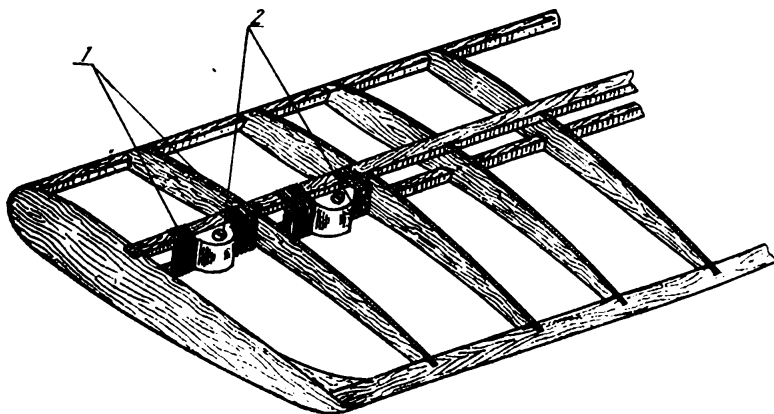


Рис. 66. Кронштейн для кріплення штанги:
1—нитки з клеєм; 2—кронштейн з різью.

Стабілізатор

Стабілізатор має прямокутну форму. Профіль симетричний. Нервюри (рис. 67) вирізано з бальзових пластин завтовшки 1,5 мм. Лонжерон складається з двох соснових полиць перерізом 5×2 мм. Передня крайка з бальзи 3×3 мм, задня — перерізом $2,5 \times 12$ мм, також з бальзи.

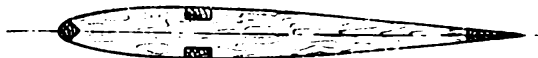


Рис. 67. Нервюра стабілізатора.

Носик стабілізатора, до лонжерона, зашито бальзою товщиною 1 мм. До лонжерона приклеєно целулоїдні кубики, в яких нарізано різь МЗ.

Закінцівки стабілізатора — з бальзи, оброблені за профілем. До закінцівки, яка знаходиться навпроти таймера, приклеєно качалку з целулоїду, в якій зроблено отвір для тяги від таймера.

Стабілізатор обклеєно довговолокнистим папером жовтогарячого кольору і кілька разів проемалічено.

Він кріпиться до балочок шарнірно, тобто вільно може прокручуватись. Для обмеження і регулювання установочних кутів стабілізатора на балочці, яка знаходиться навпроти таймера, примотано нитками з клеєм П-подібний кронштейн з отворами, в яких нарізано різь МЗ. В ці отвори угвинчено гвинти МЗ, а під їхні головки поставлено пружини. В бальзових балочках, що кріплять стабілізатора, там, де проходять гвинти, приклеєно емалітом целулоїдні шайби. До балочки, де знаходиться П-подібний кронштейн, приклеєно також целулоїдні вушка для гуми, яка відтягує задню крайку стабілізатора вниз.

Як кріплять і регулюють установочні кути стабілізатора, показано на рис. 68.

Штанга

Штангу виготовлено з бальзи. На кінець, яким вона кріпиться до лопаті «на вус», наклеєно липову пластинку. В штанзі зроблено два отвори діаметром 6,5 мм для гвинтів, що кріплять її. Штанга має симетричний профіль, товщина профілю 12 мм.

До другого кінця штанги «на вус» приклеєно мотораму з авіаційної фанери завтовшки 10 мм. Вся штанга обклеєна довговолокнистим жовтогарячим папером і проемалічена.

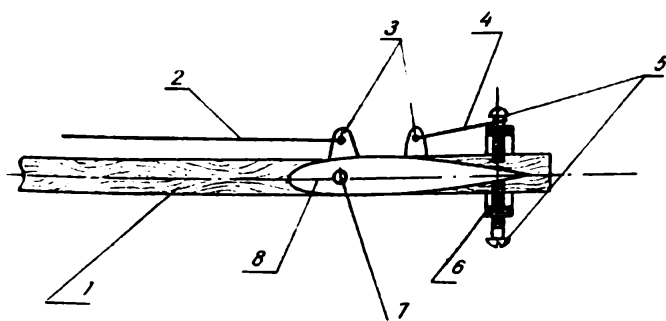


Рис. 68. Кріплення стабілізатора і регулювання його установочних кутів:

1— балочка; 2— тяга; 3— важелі; 4— гума; 5— регулювальні гвинти;
6— кронштейн; 7— гвинти, якими кріплять стабілізатора; 8— стабілізатор;

Двигун, паливна система та автоматика

На моделі встановлено чехословацький компресійний двигун MVVS-2,5Д з гвинтом діаметром 230 мм. До мотора закріплено бачок для палива, спаяний із жерсті товщиною 0,2 мм. До бачка припаяно вушка з товстої жерсті. Отвори у вушках розпиляно так, що його можна зміщувати відносно двигуна. Забірна паливна трубка бачка і жиклер двигуна з'єднані тонкою гумовою трубочкою (велосипедним ніпелем). Ця трубочка проходить через отвір пристрою, що обмежує подачу палива до двигуна.

Коли спрацьовує таймер, то тяга від нього (сталевий дріт діаметром 0,3 мм) підтягує пластинку, і вона перетискає гумову трубку. Друга тяга, також з сталевого дроту 0,3 мм, відпускає стабілізатор, гумова стьожка прокручує його, і він зменшує свій установочний кут. Паливну систему й автоматику моделі показано на рис. 69.

Вади автоматики в тому, що водночас зупиняється двигун і зменшується установочний кут стабілізатора. Вада моделі: на ній немає автоматики, яка збільшувала б швидкість спуску після трихвилинного польоту, тобто немає автоматики змушеного приземлення моделі.

Регулювання паливної системи, автоматики та моделі.

Паливну систему регулюють на стенді. Регулюють так, як і поплавкову камеру. Досягши сталої роботи двигуна, випробовують роботу автоматики: секундоміром фіксують час роботи двигуна, а також випробовують, як працює автоматика перебалансування лопаті.

Якщо двигун і автоматика працюють нормально, модель знімають

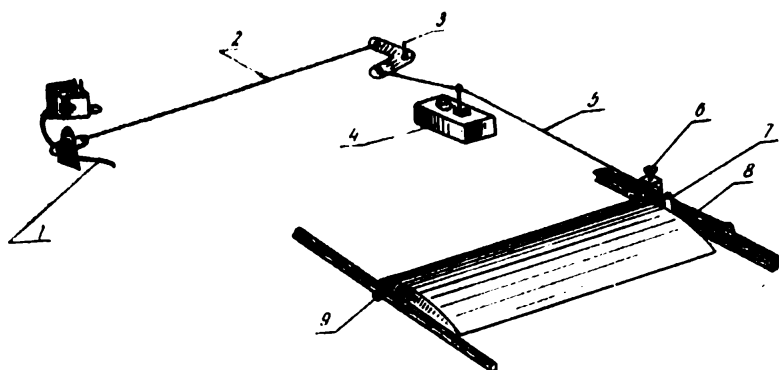


Рис. 69. Схема паливної системи та автоматики:

- 1— пристрій для припинення подачі палива з бачка; 2— тяга із сталевго дроту;
 3— важіль; 4— таймер; 5— тяга із сталевго дроту; 6— регулювальні гвинти;
 7— кронштейн; 8— гума; 9— гвинт для кріплення стабілізатора.

із стенда і починають льотні випробування. Спочатку задають установочний кут стабілізатора $12\text{--}15^\circ$. Збільшуючи установочний кут стабілізатора, домагаються максимальної швидкості набирання висоти. Після цього модель регулюють на мінімальну швидкість спуску, поступово вигвинчуючи нижній регулювальний гвинт П-подібного кронштейна. Відрегульовану модель запускають кілька разів у тренувальні польоти, фіксуючи час роботи двигуна і загальний час польоту. Під час цих польотів додатково підрегулюють установочні кути стабілізатора. І потім з моделлю можна виходити на змагання.

Таймерна модель вертольота В. Дворкіна

Виступаючи з цією моделлю на республіканських змаганнях авіа-моделістів-школярів улітку 1966 року в місті Чернігові, В. Дворкін зайняв перше місце по класу експериментальних моделей. Він набрав тоді 752 очка. Умовами змагань робота двигуна обмежувалась 60 секундами. Його модель стабільно літала в кількох турах, даючи щоразу «максимум», але в останньому турі передчасно зупинився двигун, і йому не пощастило набрати 900 очок.

Модель В. Дворкіна, як і рекордна модель О. Куксова, зроблена в основному із матеріалів авіамоделного набору № 14. Модель проста за конструкцією, тому рекомендовано її виготовляти початківцям (рис. 70). Вага моделі 760 грамів.

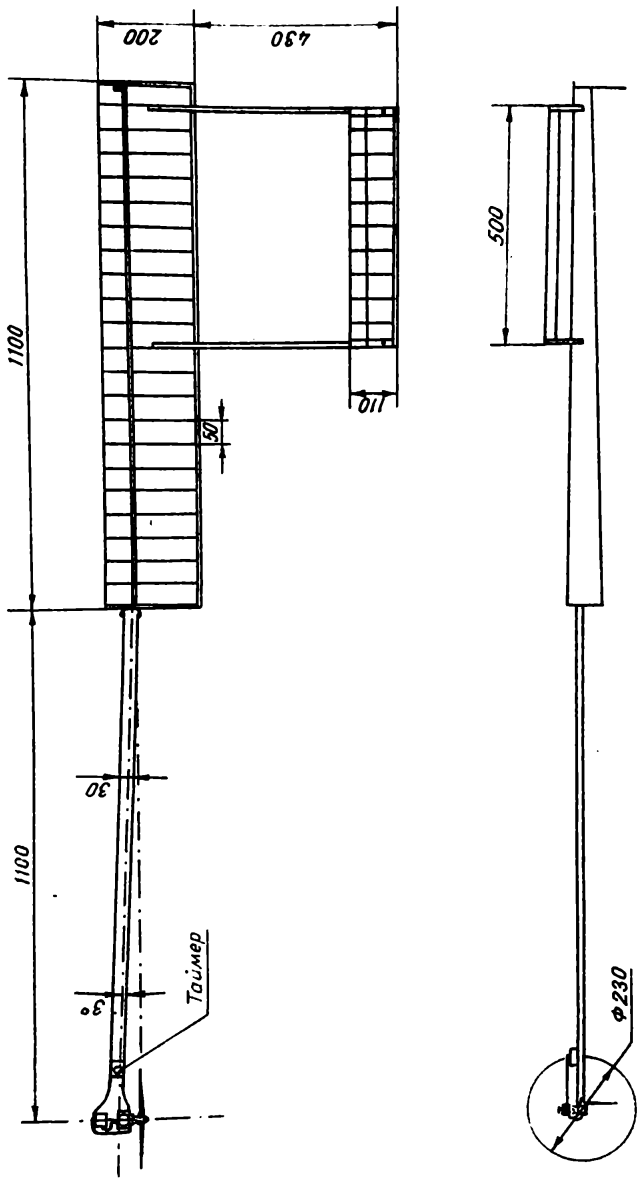


Рис. 70. Таймерна модель В. Дворжіна.

Лопать

Лопать прямокутна. Профіль лопаті Clark-Y. Нервюри (рис. 71) вирізано із одномоліметрової авіаційної фанери.

На кінці лопаті до лонжерона нитками з клеєм примотано свинцевий важок вагою 65 грамів. Там, де кріпляться балочки стабілізатора, нервюри відстають одна від одної на 10 мм, а між ними вклеєно коробочки з паперу.

На другому кінці лопаті, щоб кріпити її, примотано штирі із сталевого дроту діаметром 3 мм.

Лопать обклеєно довговолокнистим нефарбованим папером і кілька разів проемалічено. Лопать закручено на 6°.

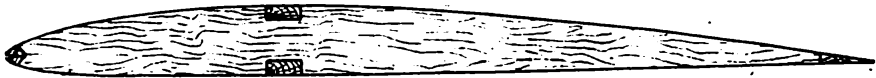


Рис. 71. Нервюра лопаті.

Стабілізатор

Стабілізатор—прямокутної форми, має симетричний профіль. Нервюри вирізано із одномоліметрової фанери, рис. 72.



Рис. 72. Нервюра стабілізатора.

Лонжерон із соснових рейок перерізом $5 \times 2,5$ мм. Передня окрайка соснова— 3×3 мм, задня з липи— $2,5 \times 10$ мм. Закінцівки стабілізатора липові. Балочки стабілізатора соснові перерізом 10×12 мм. Стабілізатор обклеєно довговолокнистим папером. Кріплять стабілізатор до балочки і регулюють його установочний кут так, як і на моделі О. Куксова.

Штанга

Штангу зроблено з липи перерізом 25×10 мм, має вона симетричний профіль. Щоб кріпити штангу до лопаті, в ній просвердлено отвір. Кріплять її гумою. До другого кінця штанги «на вус» приклеєно мотораму з фанери завтовшки 10 мм. В місці склеювання мотора-

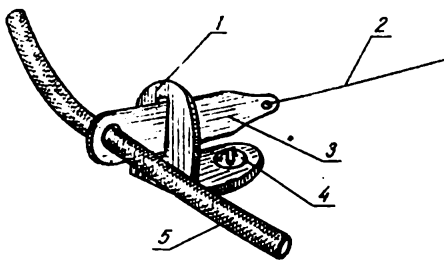


Рис. 73. Пристрій для припинення подачі палива:

1 — кронштейн з прорізом; 2 — тяга; 3 — пластинка;
4 — гвинт; 5 — гумова трубочка (ніпель).

му профілюють і зверху на емаліті наклеюють капронову тканину. Всю штангу добре проемалічують. До моторами гвинтами закріплено костиль із сталевого дроту діаметром 3 мм, щоб під час приземлення моделі не ламався повітряний гвинт.

Двигун, наливна система і автоматика

На моделі стоїть двигун МК-12В, діаметр гвинта 230 мм.

Бачок для палива спаяний із тонкої жерсті. Забірна паливна трубка і жиклер двигуна з'єднані тонкою гумовою трубочкою, як і на моделі В. Найдовського, коли спрацьовує таймер, вона перетискається.

Таймер прилаштовано на штанзі. Тяга від таймера проходить до пристрою перетискавача, рис. 73. Бачок має розпиляні вушка, щоб змішувати його відносно осі жиклера двигуна.

Регулювання моделі

Паливну систему та автоматику регулюють спочатку на стенді, а потім під час тренувальних польотів.

Зважаючи на те, що на моделі нема автоматики перебалансування лопаті, її регулюють тільки на максимальну швидкість набирання висоти. Це, до речі, одна з вад моделі.

Окрім того, вадою є й те, що двигун на ній малої потужності.

ВИСНОВКИ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Однолопатева схема, як найпростіша, найбільше підходить і для рекордних, і для таймерних моделей, бо моделі остійні в польоті і мають непогані льотні якості.

2. Співвісну схему рекомендовано для таймерних моделей, але моделі цієї схеми складніші, до того ж важче їх регулювати.

3. За іншими схемами, описаними в книжці, моделі слід виготов-

ляти тільки після того, як набудеш досвіду в роботі з моделями простіших схем.

4. Перш ніж виготовляти модель, треба хоч приблизно оцінити її льотні якості за методикою, поданою в книжці.

5. Щоб підвищити льотні якості моделей, краще треба точно виготовляти профілі лопатей, а штанги однолопатових моделей треба профілювати. Автоматика має бути простою, але надійною в роботі.

6. Рекордну модель треба виготовляти якнайлегшою, щоб вона змогла підняти більший запас палива.

7. На рекордні моделі слід установлювати тільки компресійні двигуни.

8. З метою підвищити потужність компресійних двигунів, що їх ставлять на таймерних моделях, треба користуватись таким паливом:

| | |
|-----------------|----------|
| Ефір | — 30 % |
| Гас світільний | — 42,5 % |
| Олія рицинова | — 13 % |
| Масло МК або МС | — 13 % |
| Амілнітрит | — 1,5 % |

Проте для таймерних моделей краще використовувати потужніші двигуни із свічками розжарювання.

9. Щоб виступи на змаганнях були успішні, треба регулярно проводити тренувальні запуски моделі. Багато також мати запасну модель.

ДОДАТОК

ТАБЛИЦЯ ВСЕСОЮЗНИХ РЕКОРДІВ ПО МОДЕЛЯХ ВЕРТОЛІТІВ З МЕХАНІЧНИМИ ДВИГУНАМИ ДЛЯ АВІАМОДЕЛІСТІВ ДО 17 РОКІВ

(Цифри в дужках — вийдані норми для фіксації рекорду)

| Роки | 1959 | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | |
|----------------------|---|--|---|---|---|--|--|--|--|--|--|
| Тривалість (1 хв) | 5 хв 17 сек 16.10. 1960 А. Базв м. Крон- штадт | 17 хв 53 сек 15.07. 1961 М. Ше- м. Крон- штадт | 17 хв 53 сек 15.07. 1961 М. Ше- м. Ленін град | 17 хв 53 сек 15.07. 1961 М. Ше- м. Ленін град | 17 хв 53 сек 15.07. 1961 М. Ше- м. Ленін град | 20 хв 32 сек 25.05. 1964 В. Семе- нов м. Ка- зань | 1 год 11 хв 44 сек 22.06. 1965 О. Куксов м. Харків | 1 год 11 хв 44 сек 22.06. 1965 О. Куксов м. Харків | 1 год 11 хв 44 сек 22.06. 1965 О. Куксов м. Харків | 1 год 11 хв 44 сек 22.06. 1965 О. Куксов м. Харків | 1 год 11 хв 44 сек 22.06. 1965 О. Куксов м. Харків |
| Дальність | (0,125 км) 0,85 км А. Базв 16.10. 1960 м. Крон- штадт | 0,85 км А. Базв 16.10. 1960 м. Крон- штадт | 0,85 км А. Базв 16.10. 1960 м. Крон- штадт | 0,85 км А. Базв 16.10. 1960 м. Крон- штадт | 1,8 км 24.04. 1963 В. Трофі- мов м. Мос- ква | 4,4 км 25.05. 1964 В. Семе- нов м. Ка- зань | 16,7 км 22.06. 1965 О. Куксов м. Харків | 16,7 км 22.06. 1965 О. Куксов м. Харків | 16,7 км 22.06. 1965 О. Куксов м. Харків | 16,7 км 22.06. 1965 О. Куксов м. Харків | |
| Висота (100 м) | (100 м) | (100 м) | (100 м) | (100 м) | (100 м) | (100 м) | 1550 м 22.06. 1965 О. Куксов м. Харків | 1550 м 22.06. 1965 О. Куксов м. Харків | 1550 м 22.06. 1965 О. Куксов м. Харків | 1550 м 22.06. 1965 О. Куксов м. Харків | |

ТАБЛИЦЯ РЕСПУБЛІКАНСЬКИХ РЕКОРДІВ ПО МОДЕЛЯХ ВЕРТОЛІТІВ З МЕХАНІЧНИМИ ДВИГУНАМИ ДЛЯ АВІАМОДЕЛІСТІВ ДО 17 РОКІВ

| Роки | 1959 | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---|---|---|---|
| Тривалість | (1 хв) | (1 хв) | (1 хв) | (1 хв) | (1 хв) | (1 хв) | 1 год 11 хв 44 сек 1965 О. Куксов м. Харків | 1 год 11 хв 44 сек 1965 О. Куксов м. Харків | 1 год 11 хв 44 сек 1965 О. Куксов м. Харків | 1 год 11 хв 44 сек 1965 О. Куксов м. Харків |
| Дальність | (0,125 км) | (0,125 км) | (0,125 км) | (0,125 км) | (0,125 км) | (0,125 км) | 16,7 км 22,06, 1965 О. Куксов м. Харків | 16,7 км 22,06, 1965 О. Куксов м. Харків | 16,7 км 22,06, 1965 О. Куксов м. Харків | 16,7 км 22,06, 1965 О. Куксов м. Харків |
| Висота | (100 м) | (100 м) | (100 м) | (100 м) | (100 м) | (100 м) | 1550 м 22,06, 1965 О. Куксов м. Харків | 1550 м 22,06, 1965 О. Куксов м. Харків | 1550 м 22,06, 1965 О. Куксов м. Харків | 1550 м 22,06, 1965 О. Куксов м. Харків |

З М І С Т

| | |
|--|----|
| Схеми моделей вертольотів з механічними двигунами | 5 |
| Аеродинаміка і розрахунок моделей вертольотів | 17 |
| Двигуни для моделей вертольотів | 42 |
| Паливні системи для двигунів моделей вертольотів | 46 |
| Автоматика на моделях вертольотів | 58 |
| Стенди для регулювання двигунів та моделей вертольотів | 69 |
| Рекордні і таймерні моделі вертольотів | 74 |
| <i>Додаток</i> | 98 |

ДЛЯ СЕРЕДНЬОГО ТА СТАРШОГО ШКІЛЬНОГО ВІКУ

Найдовский Валентин Игоревич

МИКРОВЕРТОЛЕТЫ НА СТАРТЕ

(На українском языке)

Редактор *Л. Т. Василенко*. Художній редактор *Є. О. Звезда*. Технічний редактор *Ф. Н. Резни*
Коректори *Р. М. Зарембовська, Л. Н. Фесичко*. Здано на виробництво 6. V. 1969 р. Підписано
друку 13. VIII. 1969 р. Формат 70×90¹/₁₆. Папір № 2. Фіз. друк. арк. 6.5. Умовн. друк. арк. 7.3
Обл.-вид. арк. 5.39. ВФ 05367. Тираж 30 000. Зам. № 641. Ціна 16 коп. Видавництво «Веселка». Київ
Кірова, 34. Друкофсетна фабрика «Атлас» Комітету по пресі при Раді Міністрів УРСР. Львів
Зелена, 20.