

П-37



42

Володимир
Платонов

Ракета своїми руками

У цій книжці розповідається про те, як виготовити ряд цікавих моделей ракет, починаючи від найпростіших масових одноступеневих і кінчаючи складнішими — експериментальними моделями ракетопланів, ракет для підймання контейнерів з корисним вантажем, надвисотних тощо. Автор подає також стислий виклад правил організації ракетомодельних змагань, оцінювання польотних результатів та техніки безпеки під час ракетних стартів.

Обкладинка й титул
В. Філатова і Г. Безп'ятова

Ракетомоделивання — це виготовлення діючих моделей ракет, що використовують рушійну силу невеликих ракетних двигунів на твердому паливі і підіймаються на висоту 150—250 метрів, знижуючись на парашутах, планіруючи на розкритих крилах або авторотуючи на вертолїтному роторі. Виникло воно і набуло популярності під безпосереднім впливом всесвітньо-їсторичних перемог радянської космонавтики протягом останніх десяти років.

Одразу, тільки-но стало відомо про запуск перших штучних супутників землі, а надто після польотів у космічний простір радянських льотчиків-космонавтів, почалися спроби побудувати діючі моделі ракет, спершу ще недосконалі, з саморобними, досить примітивними ракетними двигунами.

Щоправда, радянський ракетомоделїзм виник не на порожньому місці. Ще в 30-х роках у Росїї та й у нас на Україні робилися спроби побудувати та запустити моделі ракет, а також ракетопланів з двигунами на твердому паливі. Один з ентузіастів ракетомодельної справи — краснодарський ракетомоделїст Є. Букш ще 1939 року видав книжку з описами моделей ракетопланів та ракетних двигунів

до них. Про початок розвитку ракетомодельовання на Україні в 30-х роках розповідає невелика змістовна книжка А. Ландо «До космічного старту» (К., «Веселка», 1966).

Ініціатором організованих форм розвитку ракетомодельовання стала Московська обласна станція юних техніків, яка в квітні 1962 року провела перші в Радянському Союзі обласні ракетомодельні змагання.

В 1962—1963 роках починають з'являтися перші ракетомодельні гуртки на Україні. В цей час у Миколаївській, Кримській та Кіровоградській областях відбуваються перші обласні ракетомодельні змагання. Починаючи з 1963 року, команди юних авіамоделістів на республіканських та союзних змаганнях школярів дістали право виступати з одноступеневими моделями ракет із двигунами на твердому паливі.

Нині ракетомодельовання стало масовим. Не знайдеться, мабуть, жодної школи, жодної позашкільної установи, де б сьогодні не було хоч кількох юних умільців, які чи то в гуртках, чи самостійно не пробували б побудувати і запустити в повітря моделі ракет. Це масове захоплення треба всіляко заохочувати й підтримувати. Воно дає величезну користь, сприяючи загальному та технічному творчому розвитку майбутнього інженера-конструктора.

У цій книжці, яку ми пропонуємо, юні аматори ракетомодельного спорту познайомляться з кількома конструкціями моделей ракетопланів та ракет, що брали участь у ракетомодельних змаганнях, які ось уже кілька років проводяться в Київській області.

РАКЕТНІ ДВИГУНИ

Рушієм нашої діючої моделі космічного корабля буде маленький ракетний двигун, що працює на твердому паливі, тобто такий двигун, який повністю в мініатюрі відтворюватиме принцип роботи двигунів справжньої ракети. Багато юних умільців, що записуються до ракетомодельного гуртка, маючи бажання займатися ракетомоделізмом, чомусь на запитання, як рухається ракета, дають неправильну відповідь.

Вони пояснюють цей рух тим, що, мовляв, ракета відштовхується від повітря силою газів, що вилітають із неї. Це неправильне уявлення в деяких юних техніків склалося, мабуть, через те, що останнім часом у піонерських періодичних виданнях, а також у деяких посібниках з моделювання з'явилося чимало описів моделей «псевдоракет». Це моделі звичайних літальних апаратів, що не мають до ракети ніякого відношення, але їм надано її зовнішнього вигляду, і тому такі «ракети», літаючи за принципом вертольота, повітряного змія або навіть катапульт, створюють у їхніх авторів неправильне уявлення про принцип роботи ракетного двигуна.

Ракетний двигун відрізняється від інших рушіїв будь-якої летючої моделі тим, що він рухається вперед, відштовхуючись не від повітря, як це роблять, наприклад, вертолiт чи літак, а завдяки ефектові тяги ракетного двигуна, заснованому на третьому законі Ньютона, за яким тіло рухається вперед, виштовхуючи назад частину своєї маси (рис. 1).

Щодо цього ракета нічим не відрізняється од звичайної

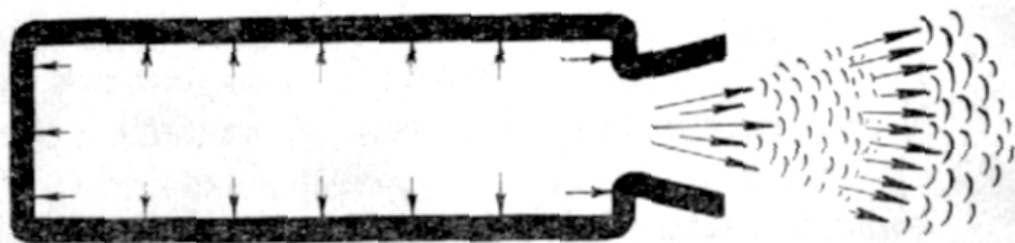


Рис. 1. Принципова схема ракетного двигуна.

мисливської рушниці, яка під час пострілу б'є в плече недосвідченого мисливця. Якщо замість рушниці ми поставимо на легкий візок звичайний кулемет і він посилатиме кулю за кулею через короткі відтинки часу, то силою віддачі кулемет рухатиметься назад з певною швидкістю, ще більше нагадуючи справжній ракетний двигун.

Для ракетного двигуна байдуже, у якому вигляді він виштовхує назад масу речовини, що надає йому можливість рухатись уперед.

Є ракетні двигуни, які виштовхують назад під тиском у кілька атмосфер цівку води. Конструкцію їхню юні ракетомоделісти запозичили в живої природи. Адже відомо, що каракатиця — мешканець морських глибин — саме завдяки такому «ракетному двигунові» плаває у воді. Моделі ракет з подібними ракетними двигунами літають непогано. Опис однієї з них ми подаємо в цій книжці.

В атомних ракетних двигунів майбутнього, проекти яких уже створено, маса виштовхуваної назад речовини складатиметься або з розжареної в атомному реакторі до кількох сотень градусів водяної пари, або з водню. Один з перших теоретиків та практиків космонавтики інженер-винахідник Фрідріх Артурович Цандер на початку 30-х років створив проект космічного корабля, в ракетному двигуні якого передбачено спалювання металевих деталей (ступенів) самого космічного корабля. За цим проектом вони не повинні були відпадати після відпрацювання, як, скажімо, на нинішніх космічних кораблях, а перетворюватись у пальне — джерело дальшого прискорення космічного корабля.

Є проекти так званих фотонних ракетних двигунів далекого майбутнього, в яких масою, виштовхуваною з космічного корабля, стануть фотони — найменші «порції» світла.

Отже, як ми бачимо, розжарені гази — продукти спалювання рідкого або твердого палива з окислювачем, що його

також несе в собі ракета,— не єдине джерело руху ракетного двигуна.

У моделях ракет найпоширенішим паливом стало тверде — через свою універсальність, простоту виготовлення та можливість використання в найменших дозах. Двигуни моделей ракет у теперішньому своєму вигляді є звичайними папковими мисливськими гільзами 12-го калібру, розрахованими під капсуль «Жевело». В таких папкових гільзах металевим може бути тільки денце. Гільзи, що цілком виготовлені з металу, брати для ракетних двигунів не можна.

Будова ракетного двигуна, що нині використовується в моделях ракет, подана на рис. 2. В середину гільзи *а* запресовано стовпчик горючої суміші, який на дві третини своєї довжини, починаючи від сопла, має канал, що зветься «ракетною порожниною». Ця ракетна порожнина має дуже велике значення і в процесі згоряння суміші ракетного двигуна. Якби суміш починала горіти зразу біля сопла, вона, безперечно, також вигоріла б, але не так швидко. Модель ракети з подібним двигуном не зрушила б з місця. Завдяки ракетній порожнині поверхня горіння одразу набирає потрібної площі й кількість газів стає достатньою для утворення тяги.

Як видно на рисунку, форма ракетної порожнини конусоподібна. Це зроблено для легшого виймання центрального стержня після закінчення пресування ракетного двигуна. Далі, приблизно на одну третю довжини всього заряду, йде так званий «глухий заряд». Частина його вигоріє під час інтенсивної роботи ракетного двигуна, тобто на ділянці розгону, а частина (при-

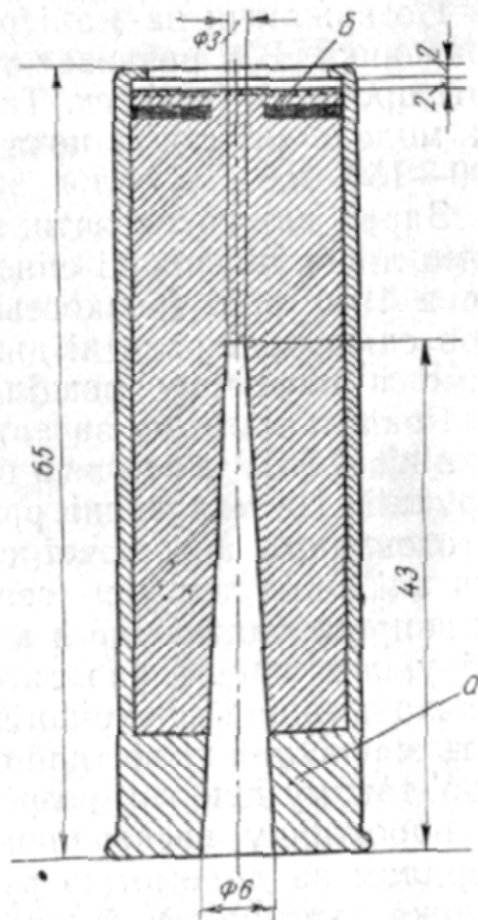


Рис. 2. Стандартний двигун для моделей ракет, що беруть участь у змаганнях: а) папкова гільза під капсуль «Жевело»; б) пороховий спалах.

близно 5—6 мм) діє як уповільнювач, що на 2—3 сек затримує пороховий спалах.

Пороховий спалах, зображений на рис. 2, б, являє собою невелику кількість звичайного мисливського пороху, що силою утворених під час спалаху газів має виштовхнути з корпусу ракети згорнутий парашут, відокремити черговий ступінь з відпрацьованим двигуном чи виконати якусь іншу роботу, передбачену програмою польоту ракетної моделі: наприклад, розпростати згорнуті до того крила ракетоплана або лопаті авторотуючого пристрою.

Такий двигун було створено протягом кількох років напружених пошуків юних ракетомodelістів і прийнято до серійного виробництва в піротехнічних майстернях ДТСААФ у Сімферополі та Миколаєві.

Незважаючи на малі розміри, двигун має непогані тягові показники. Він розвиває тягу до 1,5 кг при безперервній роботі протягом 3—4 сек. Такий імпульс дає можливість підняти модель ракети з початковою вагою до 100 г на висоту 100—150 м.

Зараз важко сказати, хто був його першим автором. Відомо лише, що перші описи подібних ракетних двигунів дала ще в 1961 році Московська обласна станція юних техніків. Про саморобні ракетні двигуни такої конструкції ми поговоримо в окремому розділі.

Років п'ять тому за авторством Центральної станції юних техніків СРСР з'явилися описи ракетних двигунів іншої конструкції. Це так звані ракетні двигуни типу «Малютко». Їх виготовляють з горючої суміші такого самого складу, як і описані вище двигуни (селітра, сірка, деревне вугілля), тільки запресовують її не в мисливську папкову гільзу 12-го калібру, а в спеціально виготовлену паперову рурку, що має значно менший внутрішній діаметр. За шаблон до неї править звичайний графітний олівець або учнівська ручка.

У такому двигуні, розріз якого показаний на рис. 3, ракетну порожнину висвердлюють після пресування 2,0—2,5-мм свердлом за допомогою ручного дреля. Сопло та верхня заглушка двигуна також дещо своєрідної конструкції. Це відпиляні лобзиком шматки того самого олівця, що раніше правив за шаблон для склеювання паперової рурки. Спершу в паперову рурку вклеюють клеєм БФ-2 верхню заглушку без центрального отвору. Коли клей висохне, запресовують горючу су-

міш з боку сопла і вже після цього в залишене порожнє місце вклеюють другу заглушку з отвором-соплом, який утворюється після вибивання графітного стержня.

Подібні мікроракетні двигуни у змаганнях участі не беруть. Вони можуть бути використані або з агітаційно-пропагандистською метою, або ж на шкільних святах — навіть у закритих приміщеннях, бо диму й газів від них небагато.

Ракетні моделі, побудовані для них, дуже малі, не довші за звичайний олівець, та й підіймаються вони лише на 15—20 м.

Крім описаних двох типів ракетних двигунів, застосовуються ще двигуни на твердому паливі з горючої кіноплівки.

З цими двигунами спершу було чимало прикрих випадків. Річ у тому, що нітроцелюозна (горюча) плівка за своїм хімічним складом дуже близька до широко вживаних в гарматній справі бездимних порохів. Вона має критичну масу, при якій вибухає. Через це ракетні двигуни на горючій кіноплівці можна виготовляти тільки дуже малої потужності, ще меншої, ніж згадуваний нами ракетний двигун «Малютка».

Для запуску моделей ракет під час змагань вони також не підходять. Це, так би мовити, «кімнатні» ракетні двигуни. Дуже вдало їх можна використати на перших теоретичних заняттях у ракетомодельному гуртку при ознайомленні з принципом роботи ракетного двигуна. Розповімо про їх виготовлення.

Ракетні двигуни на горючій кіноплівці

Пальним для них, як ми вже казали, служить горюча (нітроцелюозна) плівка, яку використовують для знімання кінофільмів, а також для фотографування в малоформатних фотоапаратах «ФЕД», «Зоркий», «Київ» тощо. Щоб вона кра-

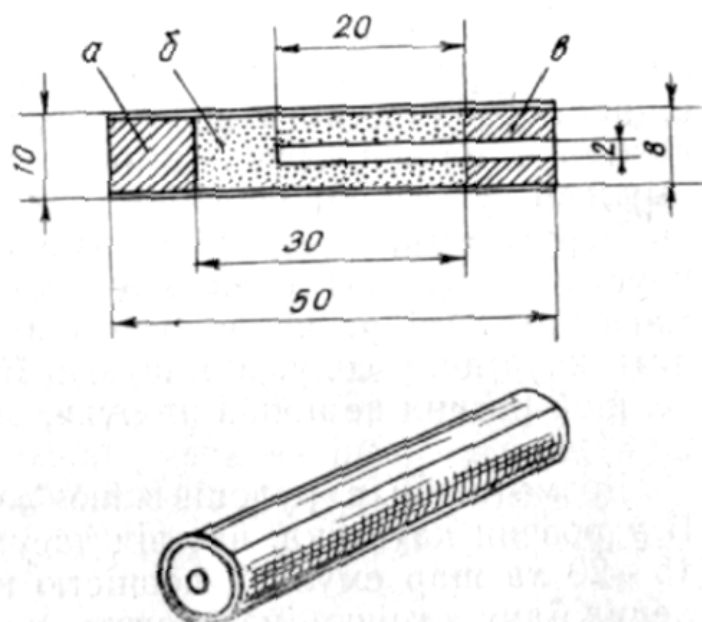


Рис. 3. Ракетний двигун типу «Малютка».

ще горіла, її звільняють від емульсії. З деяких сортів плівки емульсія відмивається просто у гарячій воді, але іноді буває плівка, особливо від кінофільмів, що змивається дуже важко. Оскільки плівки треба чимало, найкраще звільняти її від емульсії у такий спосіб.

Беруть емальоване відро або миску й кілограмову пачку каустичної (їдкої) соди, яку можна купити в господарчому магазині. У відро на дві третини наливають окропу і розводять каустичну соду, помішуючи її палкою. При цьому стежте, щоб розчин не попав на руки, обличчя або одяг, бо він дуже їдкий.

Розмотавши з рулонів кіно- або фотоплівку, занурюють її у розчин каустика, час від часу помішуючи палкою. Через 15—20 хв шар емульсії повністю відстане, і прозору відмиту целулоїдну стрічку переносять палкою або дерев'яним пінцетом у відро з чистою водою (рис. 4). Відполоскану плівку, яку вже можна брати руками, уважно оглядають по всій

довжині, відскоблюють та відмивають у теплій воді залишки емульсії і чіпляють на свіжому повітрі, щоб просохла.

Працюючи з великими кількостями нітроцелюлозної плівки, завжди пам'ятайте про те, що вона дуже легкозаймиста, і суворо дотримуйтесь необхідних протипожежних заходів.

Виготовлення самого двигуна нескладне. За оболонку камери згоряння для нього править звичайна фольга або станіоль—тонка металева плівка, яку використовують для обгортки цукерок, плавлених сирків тощо.

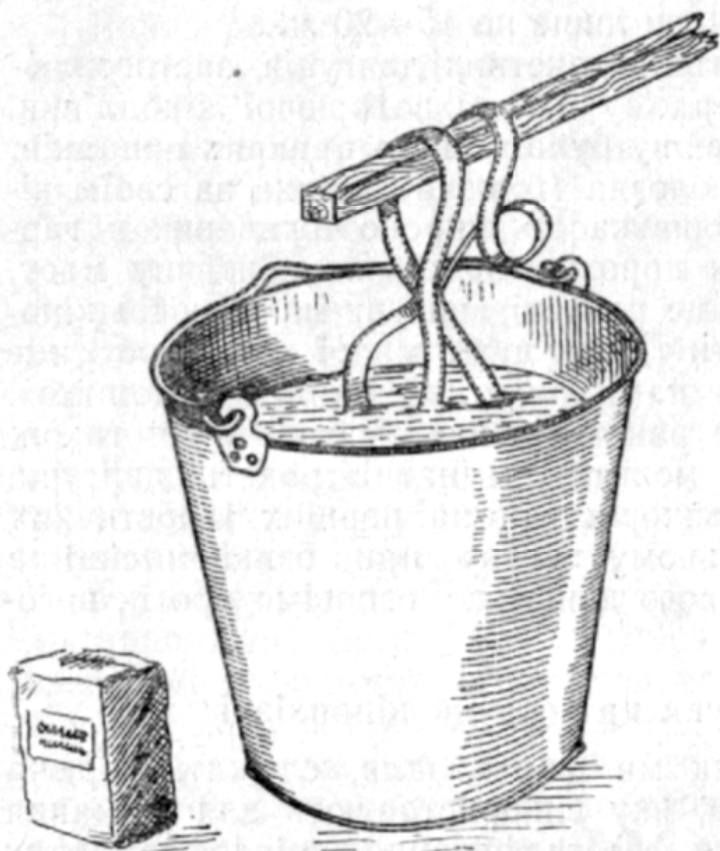


Рис. 4. Очищення кіноплівки від емульсії.

Фольгу треба вирівняти. Це роблять металевою ложкою на скляній поверхні. Поклавши фольгу на скло, нижньою опуклою стороною ложки починають розгладжувати її, роблячи концентричні рухи. Вирівнявши фольгу, розрізають її на прямокутники завширшки по 5—6 см і завдовжки по 12—13 см. З них потім виготовлятимемо камери згоряння наших ракетних двигунів.

Кіноплівку, відмиту від емульсії, ріжуть на відрізки завдовжки 25—30 см і туго скручують. Внутрішній діаметр отвору рулончика плівки повинен мати 2—3 мм, а зовнішній — не більше 10 мм. Туго скручений рулончик обгортають фольгою так, щоб з боку майбутнього сопла фольги лишилось 12—13 мм. Фольга повинна обгорнути рулончик не менше як 3—4 рази.

Сопло двигуна формують (обтискують) навколо гвіздка чи дротини завтовшки 2—3 мм, вставлених кінцем в отвір рулончика. Щоб тиском газів сопло не розгорнуло під час роботи ракетного двигуна, обтиснуту навколо гвіздка фольгу туго примотують тоненьким мідним дротом (жилкою кабеля) завтовшки 0,2—0,3 мм. Передню глуху стінку камери двигуна роблять, загнувши край фольги та примотавши його тим самим дротом до бічної поверхні (рис. 5).

Ось тепер двигун готовий. Виготовляючи партію ракетних двигунів, неодмінно випробуйте перші два-три двигуни, щоб підібрати отвір сопла та перевірити швидкість горіння кіно-

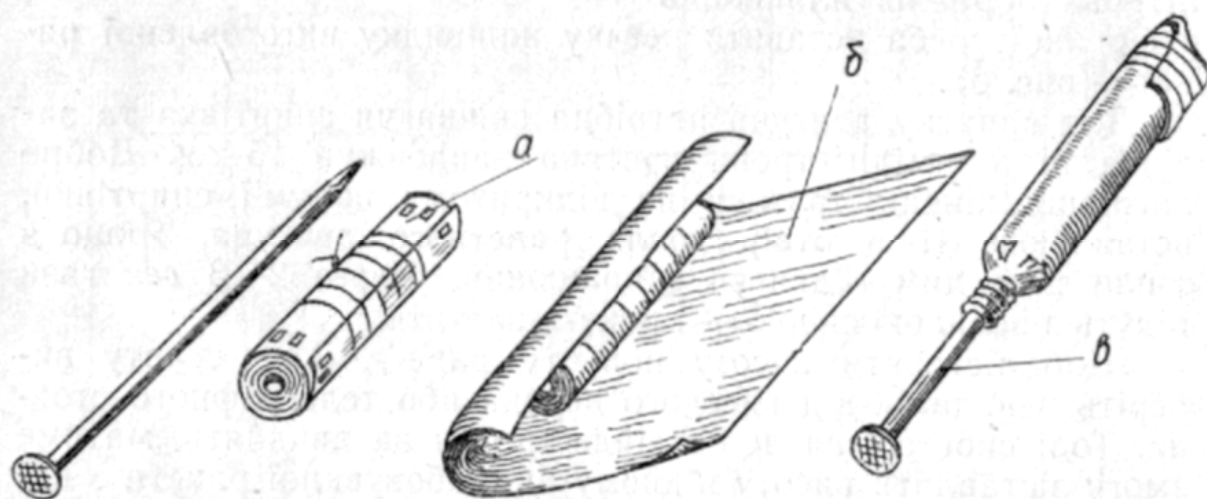


Рис. 5. Виготовлення мікроракетного двигуна з кіноплівки: а) кіноплівка в рулончику; б) обгортання рулончика фольгою; в) цвях для формування сопла.

плівки. Партію двигунів обов'язково виготовляйте з кіноплівки одного якогось сорту. Переходячи на інший — знову робіть випробувальні запуски перших двигунів...

Провести такі запуски можна і без ракетної моделі. Запускають самий лише ракетний двигун, прив'язаний до нетовстої (2—3 мм) бамбукової чи соснової реєчки завдовжки близько 30 см. Це, власне, й буде ракета в її найдавнішому варіанті. Ракети такої конструкції з довгою рейкою замість хвоста відомі з сивої давнини та й зараз використовуються у фейерверках.

Найпримітивнішою стартовою установкою для нашої ракети є звичайна півлітрова порожня пляшка, в отвір якої треба вставити реєчку нашвидку виготовленої ракети (рис. 6).

Для запуску двигуна потрібна свічка чи спиртівка та залізна півтораміліметрова дротина завдовжки 15 см. Добре нагрівши кінець дротини на відкритому полум'ї спиртівки вставляють її в отвір сопла ракетного двигуна. Якщо сопла піде дим — двигун запрацював. Через 2—3 сек газ підуть з великою силою — і ракета злетить.

Щоб зіставити висоту польоту ракет, місце старту ви беріть неподалік від високого дерева або телеграфного стовпа. Тоді спостерігач, що відійде метрів за двадцять, матиме змогу зіставляти висоту підйому випробовуваної ракети з висотою розташованого поруч предмета.

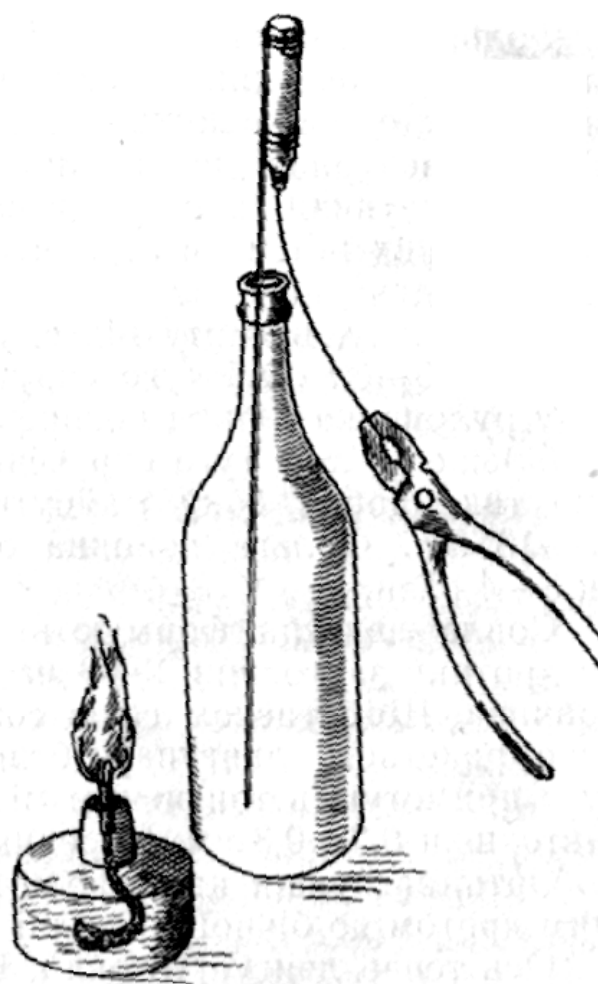


Рис. 6. Старт найпростішої моделі ракети.

РАКЕТНІ ДВИГУНИ НА ТВЕРДОМУ ПАЛИВІ

Перед виготовленням ракетних двигунів на твердому паливі насамперед подбаємо про необхідні пристрої для запресовування горючої суміші. Це — матриця, пробка, фіксатор та набійники, зображені на рис. 7, 8, 9, 10, а в процесі пресування — на рис. 10.

Виготовляють їх на токарному верстаті. Матрицю, пробку та фіксатор виточують із заліза або м'якої сталі, а набійники — з м'якшого металу — дюралюмінію або, найкраще, з міді. Набійники можна також виточити з бука чи граба, але дерев'яні швидко спрацьовуються, і їх доведеться часто міняти.

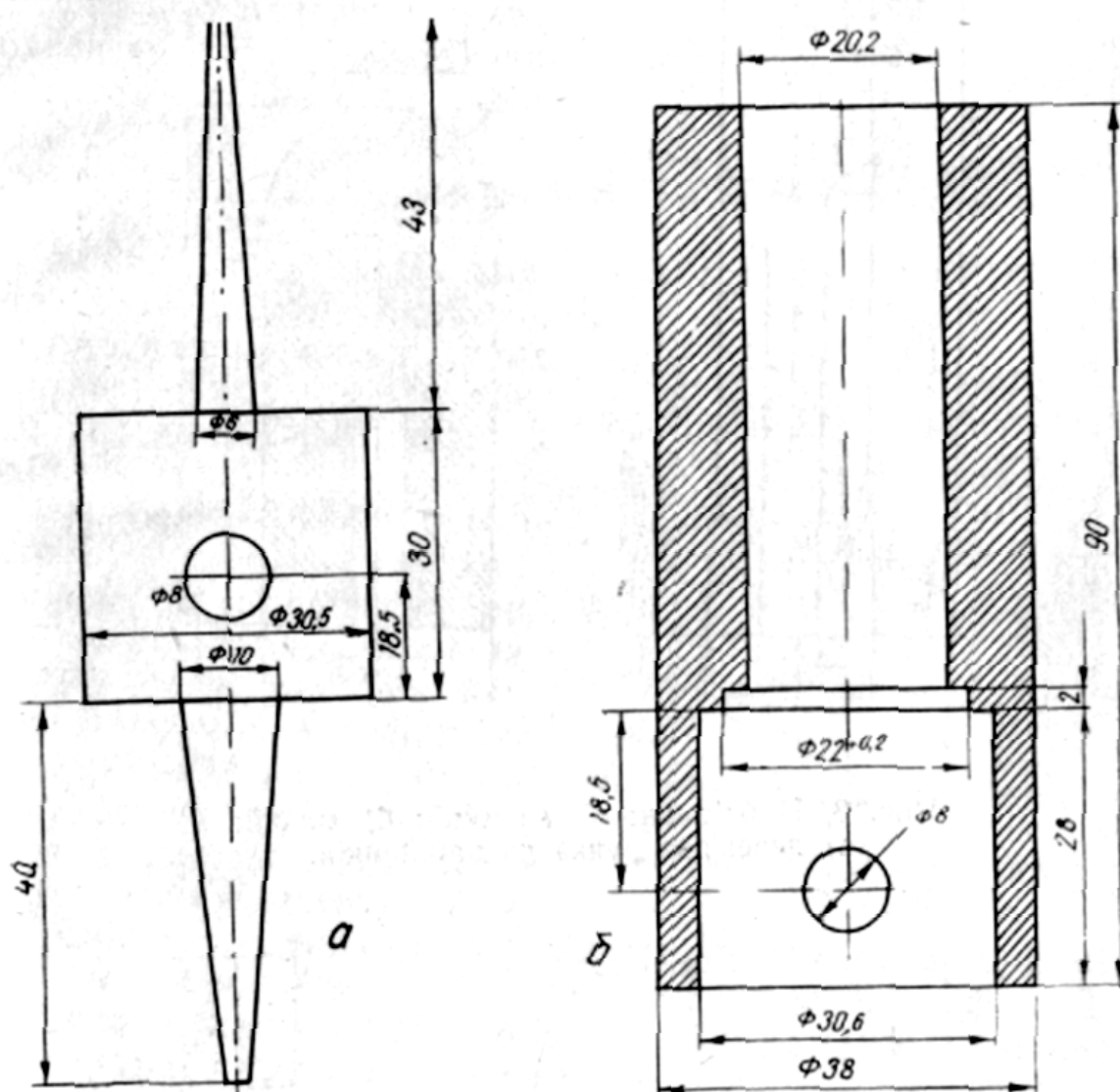


Рис. 7. Деталі пристрою для набивання ракетних двигунів: а) пробка; б) матриця.

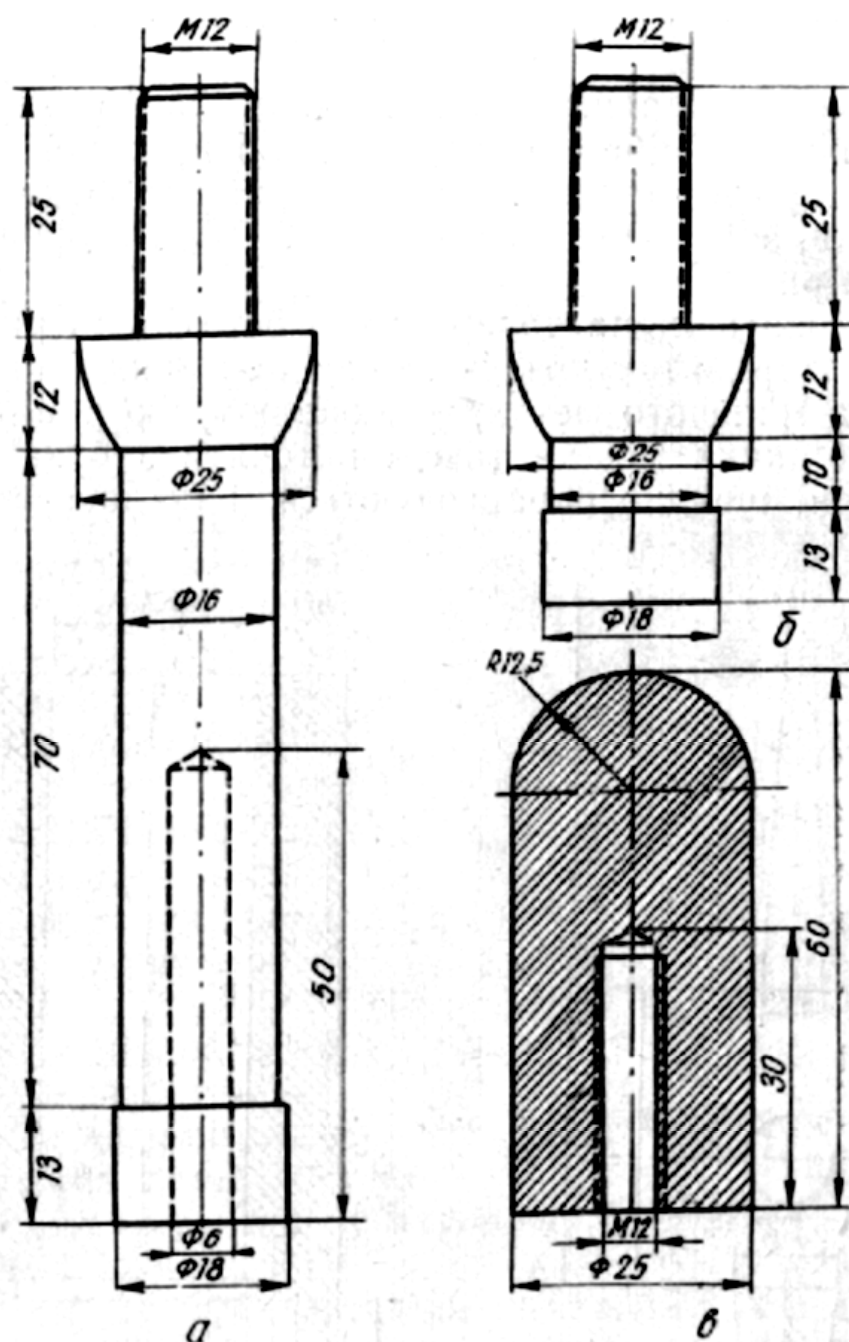


Рис. 8. Набійники: а) великий; б) малий;
в) дерев'яна ручка до набійників.

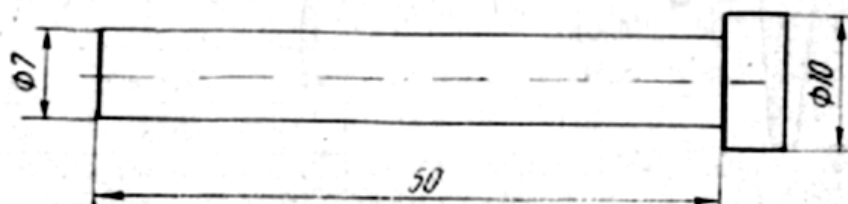


Рис. 9. Фіксатор.

Найліпше замовити ці деталі досвідченому токарю, що виготовить їх за вашими кресленнями. Закрутку для закривання верхніх отворів у виготовлених зразках придбайте в мисливському магазині. А втім, можна обійтися й без неї.

Для розтирання складових частин горючої суміші на дрібний порошок необхідно мати дерев'яну або металеву ступку з товкачем. Найбільш підходящий розмір — 12—15 см у діаметрі.

Тепер подбаємо про складові частини (компоненти) пального наших двигунів. Це звичайна сірка, селітра, вугілля, що йдуть також, але в інших співвідношеннях, на виготовлення мисливського димного пороху.

Сірка — речовина жовтого кольору. Зустрічається у кристалічному та аморфному вигляді, плавиться при температурі 400° , горить слабким блакитним полум'ям, виділяючи їдкий сірчаний газ. Сірки додають у горючу суміш 12—15%.

Селітра калієва, яку іноді звуть калієм азотнокислим, являє собою речовину білого кристалічного складу. Своїм зовнішнім виглядом вона нагадує звичайну кухонну сіль. Дуже гігроскопічна — активно вбирає вологу. Перед використанням її треба просушити. Селітра — окислювач, сама не горить. У нагрітому стані виділяє кисень, що сполучається у процесі горіння з вугіллям та сіркою. Завдяки селітрі двигун не потребує для горіння повітря і може працювати у безповітряному просторі або під водою.

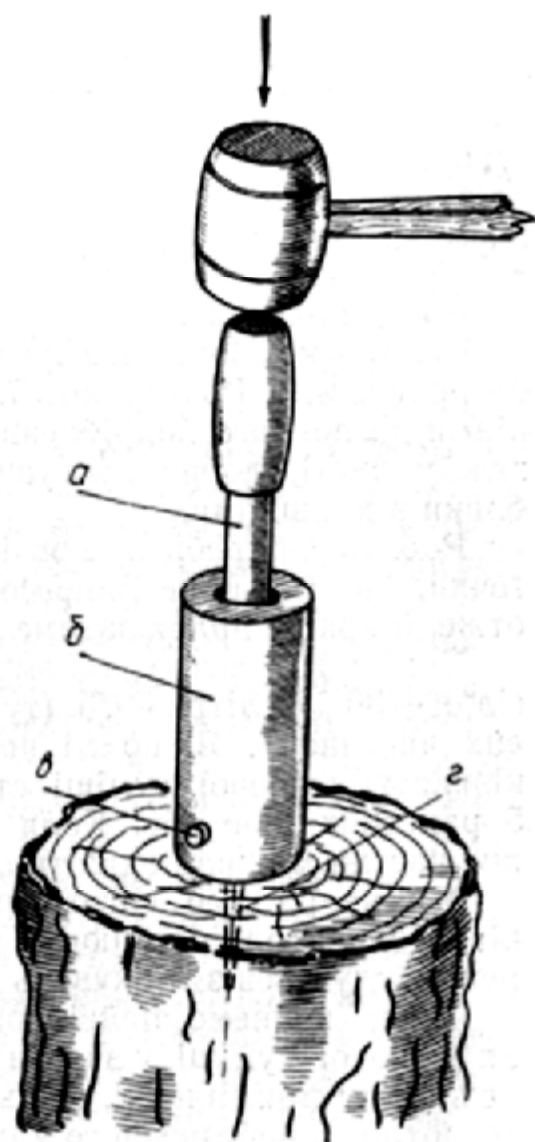


Рис. 10. Процес набивання ракетного двигуна: а) набійник; б) матриця; в) фіксатор; г) нижній конус пробки.

Деревне активоване вугілля є основним горючим компонентом, що, з'єднуючись з киснем селітри, дає велику кількість газів — продуктів горіння, які забезпечують роботу двигуна. Вугілля можна приготувати самому відпалюванням без доступу повітря у горщику з примазаною кришкою або у відрізку залізної труби, що забита з обох боків глиняними заглушками. Найкращі результати дає спеціальне «медичне вугілля» — таблетки карболену, що продаються в аптеках.

Всі три компоненти перед використанням обов'язково треба просушити. Розтирають їх кожен окремо невеликими порціями до повного подрібнення (як зубний порошок) і складають у чисті, добре просушені літрові чи півлітрові скляні банки з кришками.

Робити це треба не поспішаючи. Що дрібніші будуть часточки, то щільніше запресовуватиметься у гільзу суміш, а отже, й краще працюватиме ракетний двигун.

Суміш готують у такому співвідношенні: сірки — 12, вугілля — 30 і селітри — 75 (тут і далі кількість подано у вагових частинах). Якщо ці частини взяти в грамах, то такої кількості горючої суміші стане на виготовлення приблизно 5 ракетних двигунів. Коли їх треба більше, кількість вагових частин можна подвоїти або потроїти.

Ми не радимо виготовляти разом більше 15—20 двигунів. Концентрація горючих речовин у великих кількостях не рекомендується з міркувань пожежної безпеки.

Тепер почнемо найвідповідальнішу операцію — пресування горючої суміші у гільзу двигунів. Робити це найліпше у нежилому приміщенні, звільнивши його перед цим від зайвого мотлоху, небезпечного у пожежному відношенні.

Щоб пресування було якісне, подбаємо про масивний фундамент. Для закріплення пробки, на яку потім надіватиметься матриця, одріжте від товстого поліна оцупок завдовжки 40—50 см і завтовшки 30—50 см. У центрі зрізу забійте пробку залізним вістрям так, щоб верхній конус, який утворюватиме всередині двигуна ракетну порожнину, стояв вертикально.

Далі візьміть папкову гільзу і вставте її знизу в отвір матриці. Простежте, щоб виступи головки гільзи ввійшли у пази. Якщо гільза входить туго, змастіть її трохи вазеліном, якщо дуже легко — обгорніть шаром цупкого паперу. Надіньте матрицю на пробку так, щоб верхній конус проб-

ки ввійшов в отвір головки гільзи, і вставте фіксатор у бічні отвори матриці та пробки. Ось тепер можна насипати в гільзу горючу суміш та набивати її.

Засипають суміш невеликими порціями, не більше половини чайної ложки за один раз. Потім вставляють набійник, спершу великий, з отвором в центрі, поки конус не сховається у затрамбованій масі, а далі малий, без центрального отвору, і пресують, повернувши перед тим набійник з боку на бік, щоб розрівняти чергову порцію суміші.

Пресують ударами молотка вагою близько 400 г (рис. 11). Спершу роблять 2—3 слабких удари (обсадка), а потім — 10—15 сильніших (пресування). Сильнішим вважається удар такої сили, з якою той самий молоток вільно падає на ручку набійника з висоти 50 см. Щоб запресувати один двигун, доводиться повторювати цю операцію 5—6 разів.

Найгірше, що може бути при пресуванні, це нетерплячка і пов'язане з нею збільшення порцій суміші при набиванні. Можна набити двигун і за три прийоми, але гарної роботи від нього не чекайте. Він або вибухне при польоті, або почне крутити модель у повітрі, бо сопло під час роботи заб'ється, і газу підуть убік.

Другим недоліком при пресуванні збільшеними дозами може бути деформація папкових стінок гільзи, на яких утворюються кільцеві складки — «гармошка». У таких двигунах після набивання за рахунок розпрямлення стінок гільзи утворюються кільцеві тоненькі тріщини, що спричиняють прискорене і нерівномірне згоряння заряду, внаслідок чого ракета при польоті втрачає висоту. Навіть купуючи ракетні

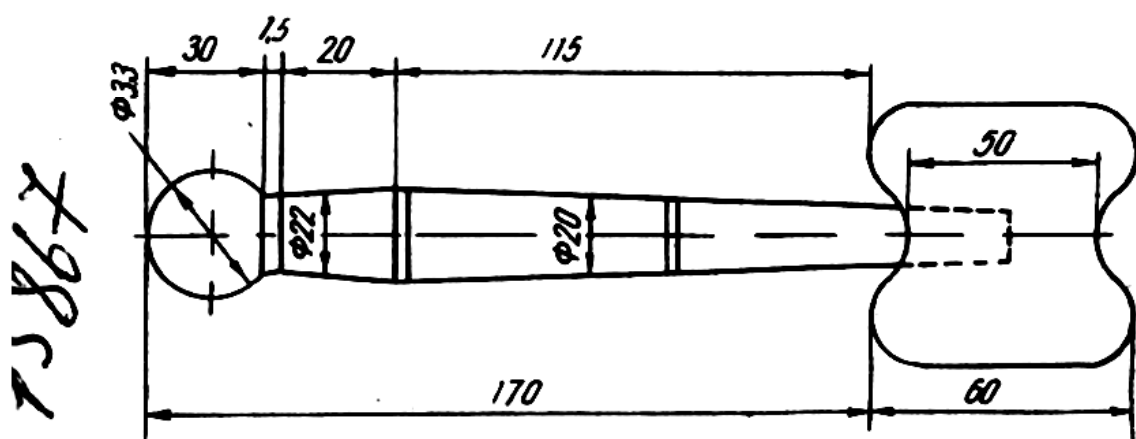


Рис. 11. Молоток для набивання ракетних двигунів.

двигуни промислового виготовлення, звертайте увагу, щоб на гільзах не було подібних щонайменших кільцевих деформацій.

Набивання ракетних двигунів можна удосконалити. По-перше, щоб швидше і точніше засипати порції горючої суміші, зробіть мірку (можна використати наперсток середніх розмірів, припаявши до нього невелику дротяну ручку). По-друге, з жерсті спаяйте лійку (конус) з нижнім отвором діаметром 10 мм для акуратного засипання суміші в отвір матриці. По-третє, щоб під час роботи не було пилу, злегка просочіть горючу суміш чистим спиртом або гасом.

Закінчують набивання гільзи, коли до її країв лишається 4—5 мм. Потім до запресованої суміші щільно притискають папкову шайбу діаметром, що дорівнює внутрішньому діаметру гільзи з отвором посередині. Шайбу по шву стикування з внутрішньою стінкою гільзи промащують клеєм БФ-2 і, коли він висохне, засипають у лишену порожнину невелику кількість мисливського димного пороху. За мірку може правити порожній патрон від малокаліберної гвинтівки. Це й буде пороховий спалах, про який ми казали раніше.

Наостанок заклеюють верхній отвір гільзи невеликим кружальцем цигаркового паперу, яке змащують по краю клеєм БФ-2 або емалітом і тимчасово, до висихання, примотують нитками чи гумою. Коли є закрутка, роблять так: зверху порохового спалаху кладуть папкову шайбу без центрального отвору, і краї гільзи закруткою заломлюють досередини.

Остаточний споряджений двигун для моделей ракет зображений на рис. 2. Це, так би мовити, стандартний двигун. Ракетні двигуни такої конструкції випускає й наша промисловість. Отже, їх можна або придбати через організації ДТСААФ, або виготовити самому¹.

Ракетні двигуни спеціальних призначень

Іноді виникає потреба у створенні двигунів для різних видів експериментальних, багатоступеневих моделей ракет тощо. У процесі пошуків, обміну досвідом, різноманітних експе-

¹ Виготовляти саморобні ракетні двигуни дозволяється тільки під контролем керівника ракетомодельного гуртка, що відповідає за техніку безпеки.

риментів можна виділити окремі типи таких двигунів, що часто-густо використовуються зараз у ракетомодельних гуртках.

До них належать:

а) двигуни із зменшеним глухим зарядом для перших ступенів багатоступеневих моделей ракет;

б) двигуни з уповільненим запалюванням порохового спалаху;

в) двигуни подовженої дії з двома ракетними порожнинами;

г) мікроракетні двигуни типу «Малютко».

У наведеному порядку й будемо характеризувати кожний з цих типів двигунів.

а) двигуни із зменшеним глухим зарядом

Застосовуються у перших ступенях дво- і триступневих моделей ракет. У такому двигуні відсутній пороховий спалах і стовпчик маси порохової суміші, що запресовується після повного покриття металевим конусом (глухий заряд), вдвічі коротший, ніж у звичайного ракетного двигуна.

Якщо ми застосовуватимемо у перших ступенях багатоступневих моделей ракет звичайні ракетні двигуни, може статися викривлення траєкторії польоту моделі ракети, бо між періодами інтенсивної роботи першого та наступного двигунів буде чимала пауза, тоді як необхідною умовою збереження траєкторії польоту багатоступневих моделей ракет є якнайменша перерва між роботою двигунів.

Виготовлення двигунів цього типу різниться від стандартних лише тим, що перед початком набивання гільзу відрізають по верхньому краю гострим ножом на 10 мм. Після набивання, коли на запресований заряд покладено папкову шайбу з отвором, її замість проклеювання клеєм БФ-2 фіксують закруткою. Порохового спалаху в двигуни цього типу не кладуть. У розрізі з відповідними розмірами такий двигун показано на рис. 12.

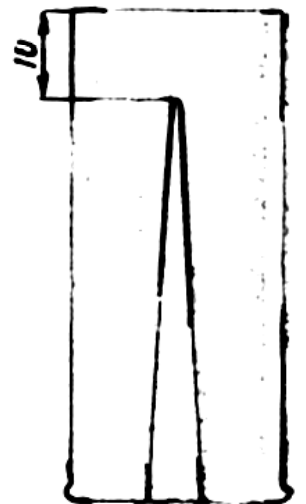


Рис. 12. Схема вкороченого ракетного двигуна для перших ступенів багатоступневих моделей ракет.

**б) двигуни з уповільненим запалюванням
порохового спалаху**

Одноступеневі моделі ракет із зниженням на парашутах при участі в змаганнях набирають більше оціночних балів завдяки довшому перебуванню в повітрі. Досягають цього максимальним збільшенням купола парашута та максимальною висотою підйому.

Щоб модель сягнула якнайвищої точки, у якій би розкрився парашут, корисно зробити затримку між періодом відпрацювання ракетного двигуна і моментом порохового спалаху на 2—3 сек. Це потрібно для використання набутого прискорення. Модель, що пододала ділянку розгону, має швидкість приблизно 150—200 км/год. Незважаючи на опір повітря і невелику кінцеву вагу, вона летить угору ще 20—30 м.

Десятки метрів висоти у боротьбі за оціночні бали іноді відіграють вирішальну роль. Ось чому поряд з іншими пристосуваннями, що затримують на кілька секунд розкриття парашута, юні ракетомоделісти все частіше вдаються до способу уповільненого переходу вогню від горючої суміші ракетного двигуна до порохового спалаху за допомогою невеликого стовпчика стопіну. Спосіб цей у більшості випадків діє безвідмовно і для виготовлення порівняно не складний.

Щоб його здійснити, треба наточити на токарному верстаті пінопластових (з твердого сорту) або бальзових пробок за розмірами, вказаними на рис. 13. Як зрозуміло з рисунка, всередині кожної такої пробки 2,5—3,0-мм свердликом висвердлено отвір, а в верхній частині виточено чашкоподібну порожнину.

Після набивання гільзи горючою сумішшю у залишений простір вклеюють за допомогою клею БФ-2 виточену пробку з протягнутим в отвір стопіном, а в верхню чашкоподібну порожнину вміщують пороховий спалах. Чашкоподібну порожнину,

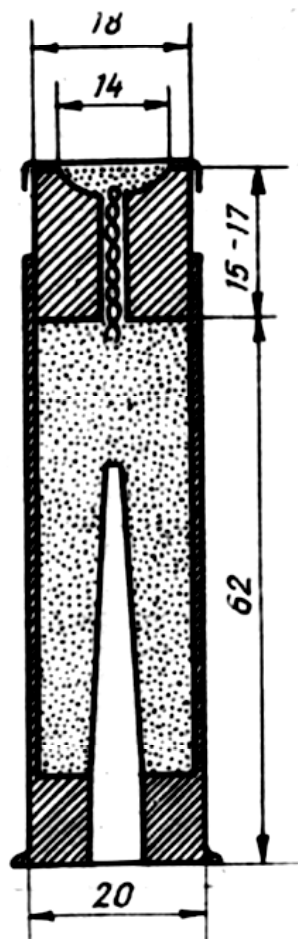


Рис. 13. Ракетний двигун із затримкою порохового спалаху.

так само як і гільзу в стандартному заряді, заклеюють кружальцем цигаркового паперу. Зовні такий двигун можна відрізнити тільки за подовженою передньою частиною у вигляді заклеєної спереду пробки. Від цього габарити двигуна по довжині збільшуються приблизно на 10 мм.

Головною умовою якісної роботи описаних уповільнювачів є щільність між стінками отвору пінопластової пробки та стопіном, щоб частина порошу з чашкоподібної порожнини не просочилася крізь щілини і не з'єдналася з зарядом. Висоту стопінового стовпчика, а отже, і виточеної пробки найкраще підібрати експериментально. Готових рецептів тут не може бути через різні швидкості горіння стопіну, особливо саморобного.

в) двигуни подовженої дії з двома ракетними порожнинами

Ракетні двигуни на твердому паливі з двома ракетними порожнинами були вперше запропоновані російським ученим та винахідником генералом К. І. Константиновим у 1858 році. Їх застосовували у флоті на рятівних ракетах, що мали призначення перекидати ливну до потоплюючого судна (рис. 14).

Як видно на рис. 15, внутрішня будова їх забезпечує тривале горіння суміші або тривалий час роботи ракетного двигуна, через розподіл процесу горіння на два етапи. Спочатку вигоряє перша половина горючої суміші, що розташована ближче до сопла, потім, після вигорання глухого заряду, займається друга ракетна порожнина і гази знов починають діяти, забезпечуючи подовжену траєкторію руху ракети.

На моделях ракет описуваний спосіб був випробуваний автором у 1964 році як на стандартних ракетних двигунах, так і на двигунах типу «Малютко». Численні експериментальні



Рис. 14. Двигун з двома ракетними порожнинами для рятівних ракет конструкції К. І. Константинова.

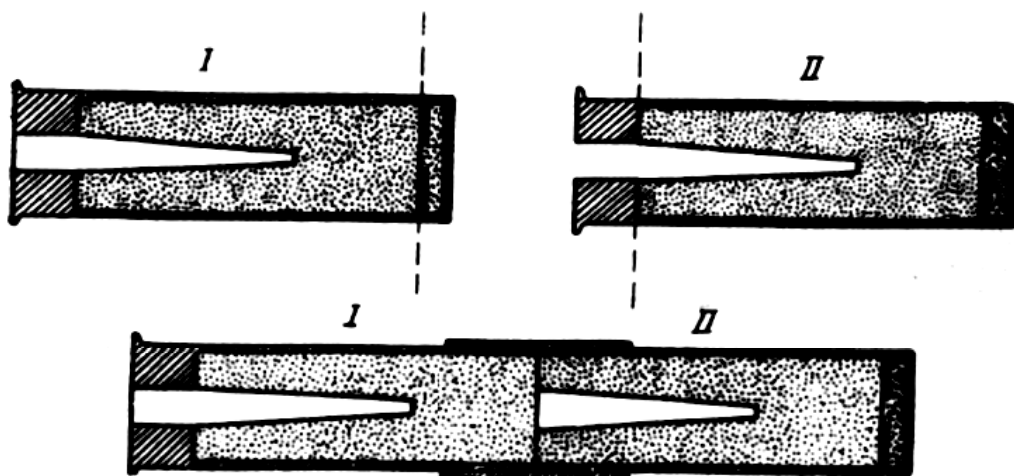


Рис. 15. Ракетний двигун подовженої дії, що складається з двох стандартних ракетних двигунів.

запуски довели, що ракети з подібними двигунами збільшують висоту підйому приблизно у 1,4 раза.

У ракетомодельній літературі цей тип двигунів був описаний у книзі В. Єськова «Как построить модель ракеты» (М., вид-во ДТСААФ, 1967). Це, власне кажучи, двоступеневий двигун, в якому гази виходять через одне спільне сопло. У такий спосіб досягається деяке зменшення початкової (стартової) ваги.

Для його виготовлення треба два звичайні ракетні двигуни 12-го калібру. У одного двигуна (нижнього) треба видалити пороховий спалах (не викидайте його, він потім знадобиться), а в другого (верхнього) лобзиком або гострим ножем відрізати нижню частину папкової гільзи разом з металевую головкою.

Обидва двигуни треба старанно припасувати, тобто зрізати залишкові виступи гільз, щоб горючі маси обох двигунів притиснулись одна до одної. Потім у ракетну порожнину (верхню) всипають для більшої надійності половину порохового спалаху і обидві половини склеюють стрічкою міцного обгорткового паперу завширшки 25 мм від мішків з-під цементу, змастивши її клеєм БФ-2. Стрічка має бути довга — нею треба обгорнути місце склеювання не менш як 10 разів.

Після цього місце склеювання туго обмотують авіамодельною гумою і кладуть на одну-дві доби в гаряче місце (батарею парового опалення).

г) мікроракетні двигуни типу «Малютко»

Про ракетні двигуни зменшеної потужності типу «Малютко» трохи вже мовилося. Однак слід додати ще кілька порад, які знадобляться при їх масовому, серійному виготовленні.

Гільзи до цих двигунів застосовують саморобні, виготовлені з стрічки цупкого паперу завширшки 50 мм, змащеної клеєм БФ-2 або силікатним. Намащену клеєм паперову стрічку накручують на звичайний круглий олівець завтовшки 8 мм. Намотувати треба в кілька шарів, щоб загальна товщина стінок була не менша 1 мм. Денце-заглушку такої гільзи роблять із вклеєного відрізка олівця завдовжки 10 мм.

Матрицю для набивання гільз виготовляють з бруска твердої деревини, розміри якого подані на рис. 16. У бруску з бука чи берези висвердлюють 10-мм свердлом кілька отворів, які потім зсередини шліфують скляною шкуркою, нагортують на олівець.

За набійники правлять звичайні круглі олівці. Набивають легким, найкраще дерев'яним молотком вагою 200—250 г. За один раз набивають одразу 5 гільз. При склеюванні гільз не забудьте кожну перед обмотуванням гумою чи ниткою вставити для вимірювання зовнішнього діаметра в отвір матриці, щоб надалі не затримувати процесу набивання.

Суміш набивають у 3—4 прийоми. При засипанні суміші у гільзу через малий діаметр отвору обов'язково застосовують лійку — це зберігає час і запобігає розсипанню суміші

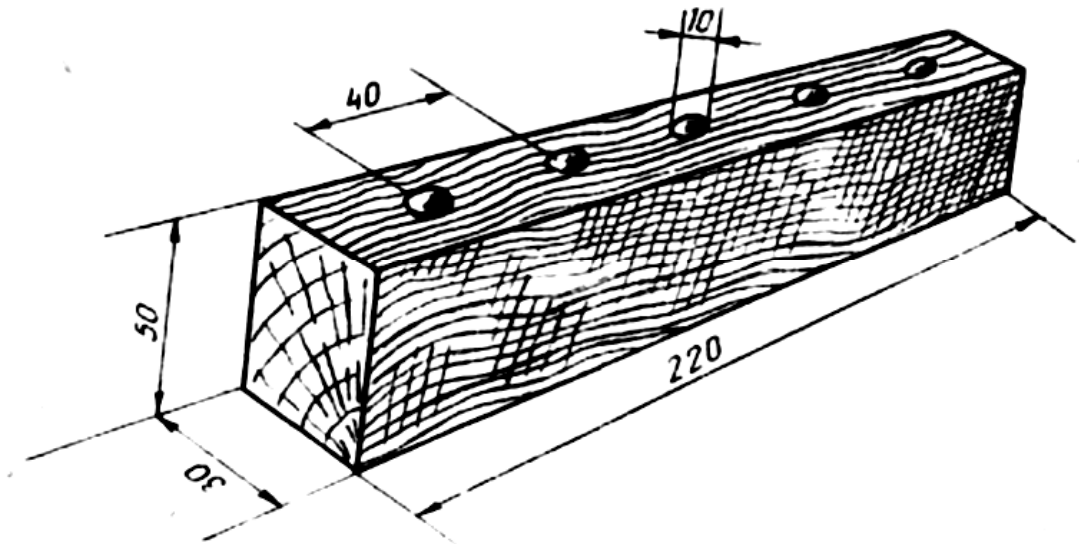


Рис. 16. Матриця для ракетних двигунів типу «Малютко».

навколо робочого місця. Міркою може бути відрізаний до половини наперсток. Висота стовпчика запресованої суміші не повинна перевищувати 30 мм.

Отвір, що його висвердлюють всередині запресованої суміші 2—2,5-мм свердлом, краще робити на свердлильному верстаті — тоді він буде рівніший. Свердлити треба не менш як у три прийоми, щоразу виймаючи й обмітаючи свердло.

Для точного встановлення виготовлених ракетних зарядів при свердлінні використовують той самий брусок — матрицю. Тільки тепер затрамбовані горючою сумішшю гільзи повинні бути заклеєними і з боку сопла такою самою заглушкою з шматка олівця, але з вибитим сердечком — отвором сопла. При висвердлюванні ракетної порожнини стежте, щоб свердло заходило всередину гільзи не глибше як на 30 мм. Враховуючи, що заглушка і з цього боку також має завдовжки 10 мм, матимемо заглиблення ракетної порожнини в горючу суміш, що дорівнює 20 мм.

Досить цікавий і простий спосіб виготовлення подібного двигуна з двома ракетними порожнинами (рис. 17). Для цього виклеюють гільзу завдовжки не 50, а 70 мм. Набивають її так само, як і попередню, тільки першу заглушку вставляють також з отвором. Цей отвір потім буде закрито. Його використовують тільки для висвердлювання другої ракетної порожнини.

Набивати подовжену гільзу можна в тій самій матриці, піднявши її на двох брусках на 10 мм над столом, щоб увесь затрамбований стовпчик був усередині дерев'яного бруска. При трамбуванні подовженої гільзи нижня її частина з вклеєною заглушкою виходитиме на 10 мм знизу матриці і впиратиметься разом з підкладеними брусками у стілець.

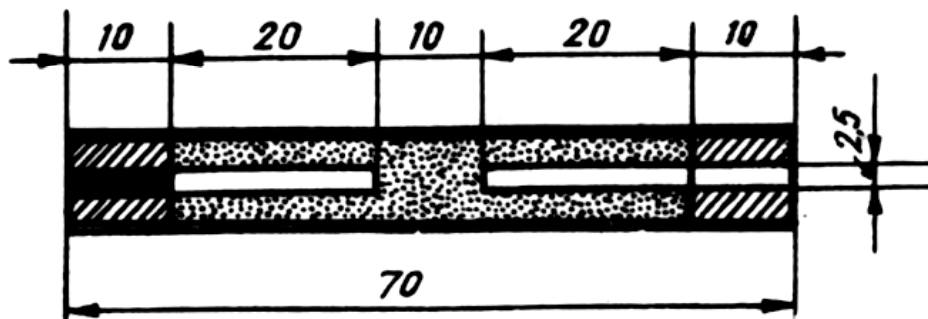


Рис. 17. Двигун типу «Малютко» з двома ракетними порожнинами.

Коли набивання закінчено і вклеєно другу дерев'яну заглушку з отвором-соплом, висвердлюють ракетні порожнини з обох боків через отвори заглушок. Після цього одну з заглушок (верхню) заклеюють дерев'яним чопиком, і двигун готовий до використання.

Такий ракетний двигун подовженої дії найбільше застосування знайшов, як це не дивно, не в моделях ракет, а в піонерських ялинкових фейєрверках.

З двигуном «Малятко» ставили й інші експерименти: в ньому робили, так само, як і в стандартному ракетному двигуні, пороховий спалах, щоправда, не для викидання парашута, а для викидання хмарки сигнальної речовини у піонерських сигнальних ракетах.

НАЙПРОСТІШІ МОДЕЛІ РАКЕТ ІЗ ЗНИЖЕННЯМ НА ПАРАШУТІ

Побудувати найпростішу модель ракети з стандартним двигуном на твердому паливі, щоб вона змогла стартувати з прямого штиря і, піднявшись у найвищу точку, розкрити парашут,— річ не дуже складна. Трохи важче побудувати дво-триступеневу модель ракети або модель ракети для підіймання вантажу на максимальну висоту.

Всі ці три типи моделей ракет не дуже різняться один від одного. Ось чому ми вирішили розповісти про них в одному розділі, адже в них є багато спільних деталей, говорячи про які, ми мусили б повторюватись.

Взагалі всі зазначені типи моделей ракет — це своєрідні «схематки» — моделі, через побудову яких неодмінно треба пройти кожному юному ракетомodelісту для того, щоб потім почати виготовлення власних конструкцій: моделей ракетопланів, ротошутів, моделей з піддослідними тваринами та різноманітними вимірювальними приладами на борту, моделей ракет з телекеруванням та інших досить цікавих конструкцій, що їх узагальнено називають експериментальними, а також великої групи моделей ракет, яка тільки-но започатковується, але має великі перспективи,— моделей рекордних ракет.

Щоб почати виготовлення найпростіших моделей ракет, потрібні, звичайно, крім бажання, ще й матеріали та інструменти. Саме тут у юного ракетомodelіста перед авіамodelістом є деякі переваги.

Інструменти та матеріали для побудови перших моделей ракет дуже прості. Їх можна знайти в кожного юного техника. З інструментів — це ножиці, гострий ніж, лобзик, напилек, плоскогубці, електропаяльник, шило, пензлик, а з матеріалів — цупкий креслярський папір, цигарковий папір, одноступеневий картон, трохи дерева м'якої породи (липа, осика), 1—0,5-мм сталевий дріт та біла жерсть (від консервних бляшанок). Для з'єднання деталей моделі потрібен ще клей (конторський чи БФ-2), а також катушкові нитки.

Якщо ви хочете, щоб ваша модель мала привабливий зовнішній вигляд, придбайте яскраві фарби (краще на нітросировині). До того ж іноді під час ракетомодельних змагань, крім балів за польотні випробування, дають ще оцінку за зовнішній вигляд. У такому разі якісне фарбування моделей просто необхідне.

Придбавши все, що потрібно для роботи, уважно розгляньте рисунки та вивчіть будову нашої першої ракети. На рис. 18 зображена одноступенева модель ракети з двигуном на твердому паливі і зниженням на парашуті. Вона складається з корпусу (рис. 18, а), що являє собою рурку, виклеєну з креслярського паперу, всередині якої вміщені: в нижній частині ракетний двигун (рис. 18, б), а над ним — згорнутий в пакет парашут із стропами. Зверху корпус ракети закритий обтічником (рис. 18, в), виготовленим з дерева. Знизу для надання ракеті остійності в польоті прикріплені стабілізатори, яких може бути три або чотири.

Щоб під час розгону ракета не змінила наданого їй напрямку, вона ковзає по металевому штирю. Для цього модель ракети перед стартом надівають дротяними кільцями (рис. 18, г) на напрямний штир. Ракета після того, як запрацює двигун, набирає швидкості, а водночас і остійності і вже не звертає з заданого напрямку.

Незважаючи на очевидну простоту конструкції, в ній є хоч і примітивний, але автоматичний пристрій для викидання парашута в найвищій точці траєкторії. Це пороховий спалах, що міститься у верхній частині ракетного двигуна. Над ним, як видно на рис. 18, д, розміщений пиж, або пробка (газовий поршень), що під час спалаху порохової суміші виштовхує парашут з корпусу та не дає йому обгоріти від полум'я ракетного двигуна. Парашут із стропами прив'язують

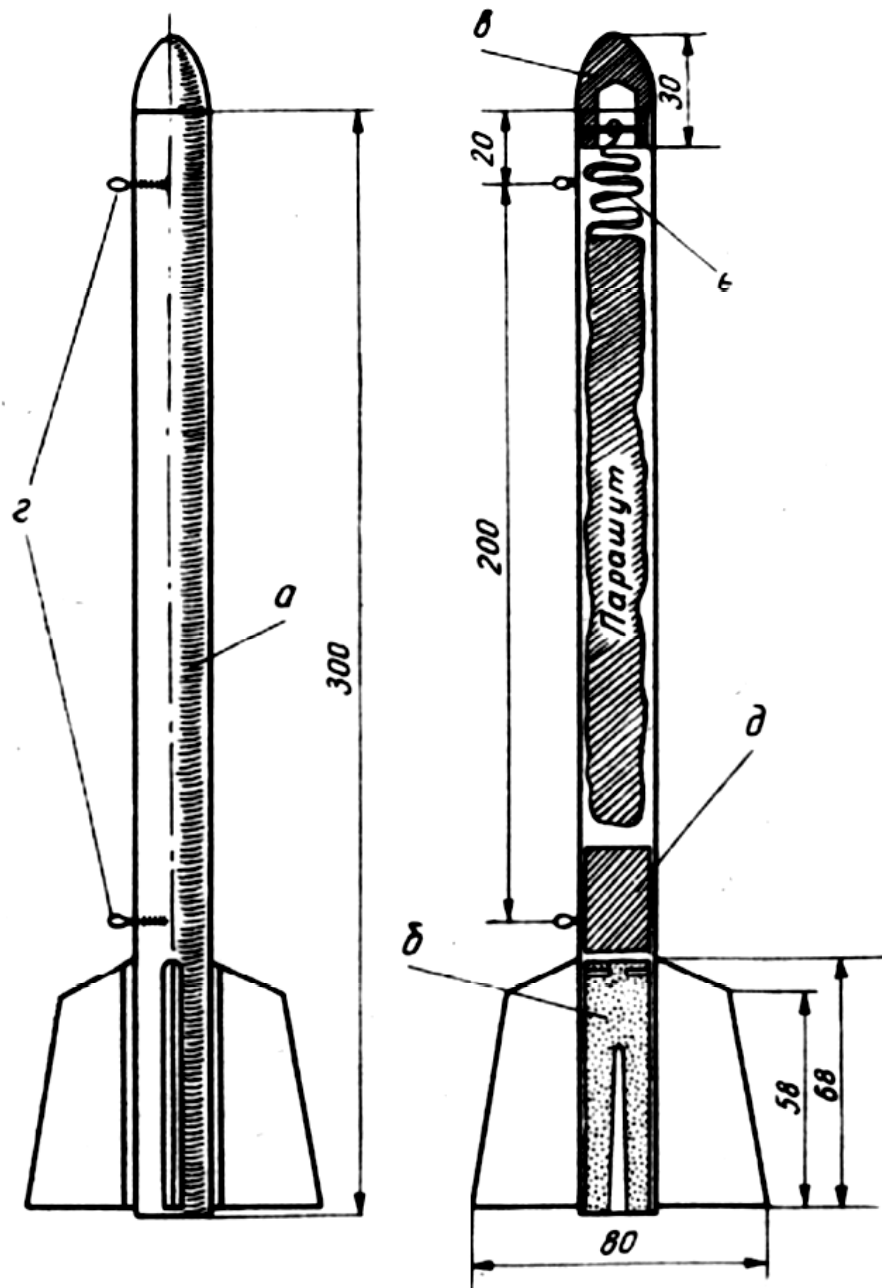


Рис. 18. Одноступенева модель ракети із зниженням на парашуті: а) корпус; б) ракетний двигун; в) обтічник; г) дротяні напрямні кільця; д) пиж; е) амортизатор.

до обтічника, а обтічник з'єднують з корпусом ракети через амортизатор, тобто гумову тягу, яка робить це з'єднання пружним.

Під час порохового спалаху пиж дією порохових газів виштовхує парашут і обтічник назовні, а амортизатор (рис. 18,е), розтягуючись, гасить інерційні сили виштовхування, бо

інакше парашут разом з обтічником відірвалися б від корпусу ракети.

Модель такої конструкції під час роботи ракетного двигуна протягом 3—4 сек набирає висоту 100—150 м і звідти знижується на парашуті 1,5—2 хв. (рис. 19). Якщо модель

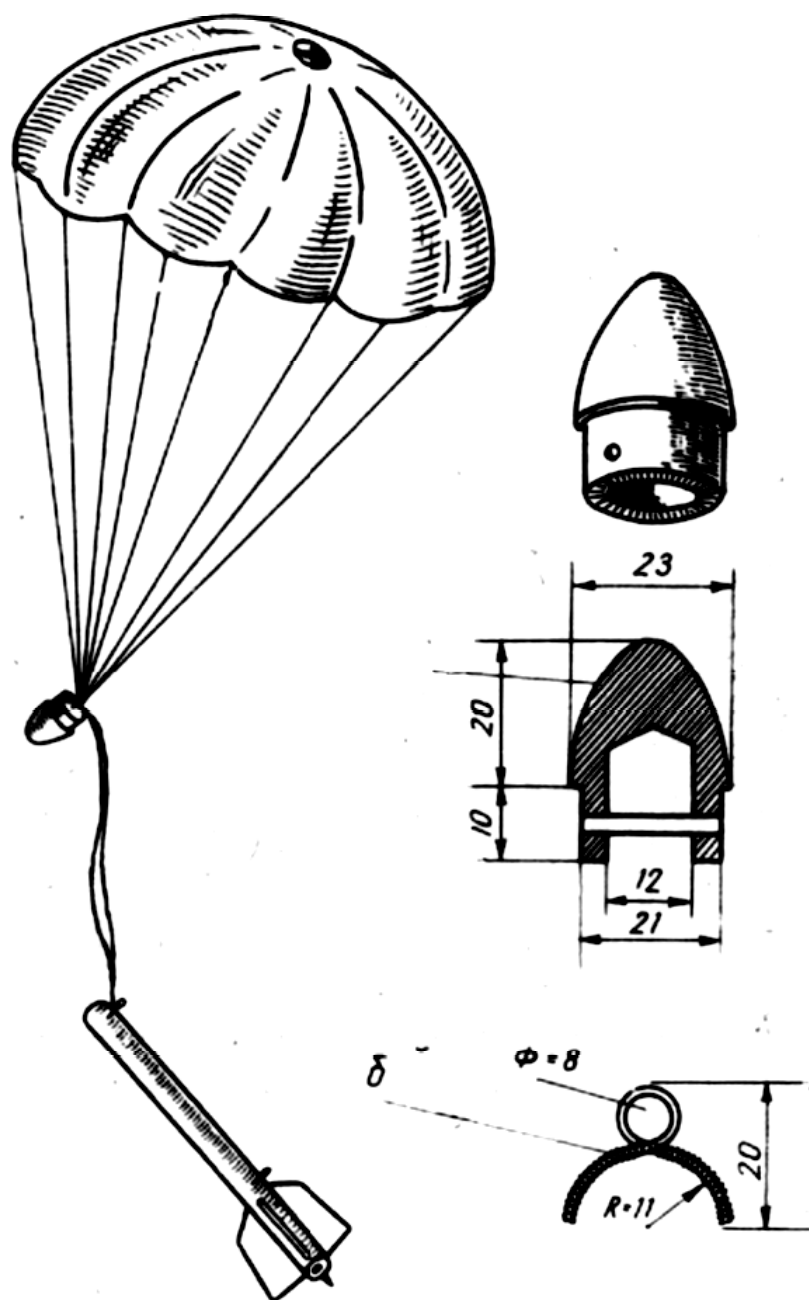


Рис. 19. Ракета в польоті з розкритим парашутом:
а) носовий обтічник у розрізі; б) дротяне напрямне кільце.

при цьому попаде у висхідні повітряні потоки, а подібні випадки під час змагань бувають досить часто, вона може триматись у повітрі 3 і навіть більше хвилин.

Виготовлення корпусу

Для виготовлення подібної моделі ракети насамперед подбаємо про шаблон (навійник), на якому закручують та склеюють рурку-корпус. Його найліпше виточити на токарному верстаті з сухої берези або липи. Діаметр навійника повинен дорівнювати зовнішньому діаметрові папкової мисливської гільзи 12-го калібру, на основі якої виготовляють описані раніше стандартні ракетні двигуни.

Щоб з навійника легше було знімати виклеєну рурку, виточувати його треба з невеликою конусністю. З вузкого кінця діаметр має становити 22 мм, а з товстого — 23 мм. Це за умови, що довжина навійника буде на 5—7 см більша від довжини корпусу ракети, тобто становитиме 40—42 см.

Після обточування на токарному верстаті до вказаного діаметра навійник шліфують шкуркою найтонших номерів і вкривають тонким шаром парафіну або воску, щоб його легше було виймати з рурки після склеювання. Для корпусу-рурки беруть стандартний аркуш креслярського або рисувального паперу (напівватман) і склеюють клеєм БФ-2 або канцелярським так, щоб перший шар (їх повинно бути два з невеликим припуском) не був обмашений клеєм і не приклеївся до навійника. Після обгортання рурку слабенько обмотують ниткою або авіамоделльною 1-мм гумою і на кілька годин лишають до повного висихання.

Поки рурка-корпус сохнутиме, виготовляють носовий обтічник та стабілізатори.

Носовий обтічник виточують також на токарному верстаті за розмірами, поданими на рис. 19,а. Спереду обтічник не повинен бути дуже загостреним, як це іноді зустрічаємо на деяких моделях ракет під час ракетомодельних змагань. Обтічник, виточений у вигляді дуже гострого та довгого конуса, не дає істотних аеродинамічних переваг при польоті. Адже до надзвукових швидкостей нашої моделі ще надто далеко. Її швидкість не набагато перевищує швидкість кордової моделі літака, що, як відомо, сягає 200 км/год. Водночас

надміру загострений обтічник буде набагато небезпечніший, коли (нехай навіть у винятковому випадку) ракета різко змінить напрямок польоту і полетить у бік глядачів.

Найкраще, коли обтічник за своєю формою нагадуватиме кулю малокаліберної гвинтівки, відповідно збільшену у 5—6 разів.

Деякі юні ракетомоделісти намагаються якнайбільше полегшити обтічник, виготовляючи його з бальзи або пінопласту, та ще й з порожниною всередині. Цього робити ми не рекомендуємо. Численними експериментами доведено, що надміру полегшена носова частина моделі ракети зменшує стійкість її в польоті і потребує збільшення площі стабілізаторів.

Отже, обмежившись невеликим полегшенням дерев'яного обтічника у вигляді висвердленого всередині отвору діаметром 10—12 мм, більше уваги приділимо зовнішній обробці. Обтічник повинен бути зовсім гладеньким, навіть блискучим,— тоді він матиме найменший лобовий опір.

Стабілізатори нашої моделі в найпростішому варіанті можна виготовити з трьох шарів креслярського паперу. Треба тільки добре приклеїти їх до нижньої частини рурки-корпуса. Для цього за допомогою транспортира якнайточніше ділимо коло нижнього зрізу корпуса на три частини (можна й на чотири) і проводимо риски паралельно до осі симетрії корпуса ракети.

Приклеюючи стабілізатори, весь час перевіряємо, дивлячись з боку носової частини, щоб вони не мали жодного перекосу. Найменша неточність при закріпленні стабілізаторів спричиниться до того, що ракета або відхилятиметься від заданого напрямку, або обертатиметься навколо повздовжньої осі, що також забирає частину енергії ракетного двигуна і зменшує висоту підйому.

Після того як стабілізатори будуть приклеєні відігнутими частинами зовнішніх шарів паперу і точність встановлення перевірена, закріплюємо їх паперовими кутничками з обох боків і весь корпус прошліфовуємо тонкою скляною шкуркою та двічі проклеюємо.

Напрямних кілець з жерсті, як це рекомендувалося в перших описах моделей ракет, зараз здебільшого не роблять. Приклеюють або дві коротенькі рурки з креслярського паперу прямо до корпуса в зазначених на рис. 18,2 місцях, або

вигинають кільця з лапками з тонкого 0,5-мм сталевого дроту, зображені на рис. 19.

Лапки обох кілець обмотують тонкими катушковими нитками (№ 40), змащеними клеєм БФ-2, а потім приклеюють до корпусу емалітом. В обох випадках важливе одне — щоб напрямні кільця або патрубки не дуже різнились від діаметра штиря, бо інакше модель при зльоті почне розкачуватись. Однак лишати кільця без припуску теж не можна. Тоді не виключене заїдання на штирі під час зльоту.

Виготовлення парашута

Парашути зараз виготовляють здебільшого з довговолокнистого (мікалентного) паперу, що нічим не просочений. Він має велику перевагу — при складанні завжди пружно розправляється, хоч би який був перед тим зім'ятий. Коли довговолокнистого паперу нема, парашут можна зробити й з цигаркового. Якщо з ним правильно поводитись, він працюватиме так само надійно.

Поданий на рис. 20 парашут можна зробити як з цигаркового, так і з довговолокнистого паперу. Діаметр парашута становить 600 мм, а внутрішнього полюсного отвору, що дає парашутові більшу остійність під час зниження, — 30—35 мм. Від купола відходять вісім стропів, зв'язаних укупі і приєднаних до обтічника.

Як швидко вирізати геометрично правильне коло з цигаркового або довговолокнистого паперу для купола нашого парашута, показано на рис. 20,а. Згорнутий вшістнадцятеро квадрат паперу розміром 600×600 мм після вирізування розгортають і розправляють на столі. До його країв за допомогою невеликих кружалець з цигаркового паперу, змащених клеєм, приклеюють стропи, виготовлені з катушкових ниток № 10.

Кружальця приклеюють до закраїн купола парашута через один згин. Під ці кружальця попередньо підкладають кінці стропів з зав'язаними на них невеликими петлями. Для вантажопідійомніших парашутів, розрахованих на кілька сот грамів вантажу, можна рекомендувати інший спосіб закріплення стропів.

За цим способом всі стропи спочатку зв'язують в один вузол, який приколюють до столу всередині полюсного отвору

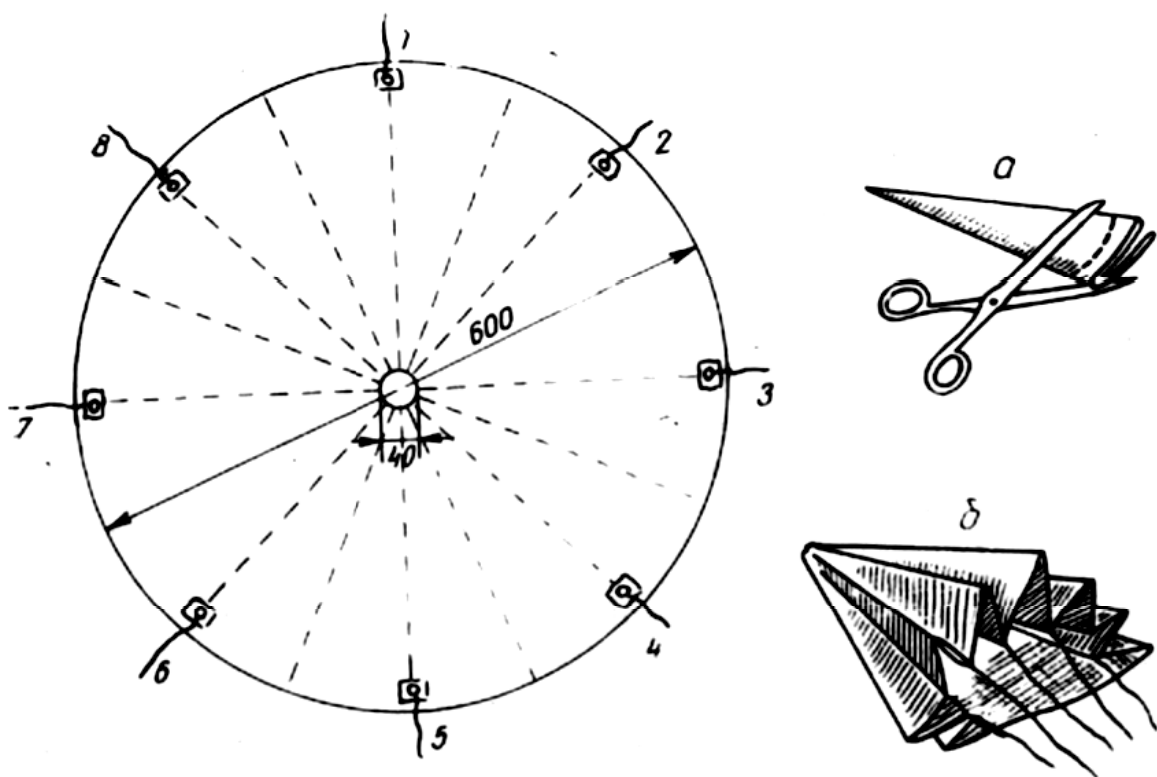


Рис. 20. Купол найпростішого парашута з цигаркового паперу: а) вирізування купола парашута; б) складання парашута.

розстеленого купола. Потім кожен строп приклеюють по своєму згині і на кінці біля краю купола також закріплюють невеликим шматком паперу або тонкої тканини, щоб, бува, не розірвався край купола під час розкриття.

У першому випадку, коли стропи кріплять до краю купола, довжина їх має складати 3 радіуса, а в другому, коли їх кріплять від центра полюсного отвору — 4 радіуса купола або 2 діаметра. Звичайно, для нашої моделі ми рекомендуємо перший спосіб, адже вага її не перевищуватиме 150 г.

Після висихання проклеєних місць парашут складають за наведеною на рис. 20, б схемою на зразок гофрованого комірця. Кожний сектор парашута повинен дорівнювати $1/16$ повного кола. Це треба зробити найакуратніше. Адже згини, які утворилися при першому складанні купола, коли його обрізали по колу, не завжди співпадатимуть з другим складанням, і деякі складки доведеться перегнути на другий бік.

Після того як парашут буде складено, його згортають уздовж по конусу в нетовстий рулончик, і кінець загинають на $3/5$ від місця кріплення стропів. У такому вигляді купол

пара
но н
поро
К
нуті
вої і
цієї
гуми
ньої
Г
кіль
пуса
15 м
спор

І
раке
шко,
Інод
ний.
вниз
земл
Е
доск
гіль
час
раш
буд
І
пра
на
щіль
мет
юні
мис
діам
их
на

парашута займає мало місця, легко вставляється в порівняно невеликий отвір рурки-корпуса ракети і, викинутий звідти порохом спалахом, легко розкривається.

Кінці стропів повинні бути розправлені, однаково натягнуті і зв'язані в один вузол, який прив'язують до бамбукової перетинки обтічника. Разом із парашутними стропами до цієї перетинки прив'язують дві нитки 1-мм авіамодельної гуми по 55 см завдовжки. Їх кріплять другим кінцем до верхньої частини корпусу ракети.

Прив'язати можна або до шийки верхнього прямого кільця, якщо воно зроблене з дроту, або до краю рурки-корпуса, просиливши нитку в проколений шилом отвір за 10—15 мм від краю. Тепер наша модель закінчена, і її можна споряджати.

Спорядження та запуск

Двигун, що його вставляють у нижню частину корпусу ракети, повинен бути добре просушеним і без зовнішніх пошкоджень. Особливу увагу зверніть на його верхню частину. Іноді паперова обклеїка буває пошкодженою і порох висипаний. Такий двигун не розкриє парашута, і ракета, падаючи вниз з великим прискоренням, пошкодиться при ударі об землю.

Вставляти двигун у нижній отвір корпусу ракети треба досить туго. Якщо він входить з легким тертям, обмотайте гільзу одним-двома шарами паперу і тоді вставляйте. Під час польоту порохівий спалах може виштовхнути замість парашута слабо вставлену гільзу двигуна, і політ моделі не буде захищений.

Пиж, або газовий поршень для викидання парашута, як правило, роблять з м'якого пінопласту. Він повинен входити на своє місце з легким тертям і якнайменше пропускати в щілини повітря. Висота пижа має бути більша за його діаметр, щоб уникнути перекосів під час виштовхування. Деякі юні ракетомоделісти виготовляють пиж з трьох звичайних мисливських пижів, які проколюють шилом і зшивають. Щоб діаметр пижів співпадав з внутрішнім діаметром корпусу, їх злегка розплющують молотком, адже вони розраховані на внутрішній діаметр гільзи, а не на рурку-корпус.

Парашут складають так само, як було описано в попе-

редньому розділі, тільки верхню частину загнутого купола обмотують шматком звичайного паперу і вже потім вставляють на місце. Це робиться на випадок прориву розжарених газів у щілини біля пижа. Стропи найкраще вкладати зверху спіраллю на парашут, що вже вставлений у корпус закраїнами вгору.

Споряджену ракету надівають напрямними кільцями на штир, тобто сталевий чи залізний прут або металеву рурку діаметром не товще звичайного олівця. Штир повинен бути такої довжини, щоб ділянка розгону ракети по штирю була не менша за один метр. Отже, разом з моделлю він становитиме приблизно 1,3 м. Штир найліпше встановити на спеціальну важку платформу, щоб забезпечити остійність всієї стартової установки. Можна також виготовити триніжок на зразок штатива для хімічних дослідів із затискачем для штиря.

Для тренувальних запусків можна використати штир без будь-яких платформ, просто застромивши його кінцем у ґрунт. Тільки тоді до штиря треба прикрутити чи припаяти з дроту упор для моделі ракети, яка у передстартовому положенні повинна знаходитись на відстані 10—12 см від поверхні землі. На рис. 21 подано кілька варіантів стартових установок, що їх використовують для запусків моделей ракет.

Двигун запалюють під час змагань тільки дистанційно — на відстані не менше 10 м. Здебільшого користуються при цьому електрозапалом, що складається з джерела струму, вимикача, провідників та ніхромової дротини, яка, розжарюючись до кількох сотень градусів під дією електричного струму в каналі ракетної порожнини двигуна, запалює горючу суміш. Джерело струму (батарейку або акумулятор) найкраще вмістити у невеликий футляр на зразок валізки (рис. 22). Під кришкою на спеціальному щитку змонтуйте пульт керування, який складається з таких частин: головного стартового вимикача; запобіжного вимикача, або «ключа»; найпростішого вимірювального приладу (шкільного вольтметра) для перевірки електричного запалювального кола перед стартом; кнопки, що вмикає вольтметр; клем для приєднання джерела струму; клем для приєднання запалювального кабеля.

Схема пульта керування стартової установки подана на

рис. 22, а електрична схема — на рис. 23. Виготовляють футляр з 5-мм тришарової фанери та 15-мм соснових дощок, з'єднуючи деталі на казеїні та скріплюючи цвяхами. Футляр за розмірами треба розрахувати на джерело струму, яке ви маєте. Це може бути кислотний або лужний акумулятор, кілька окремих елементів «Сатурн», зібраних у батарею, чи відповідна кількість батарейок від кишенькового ліхтарика напругою по 4,5 в.

Поданий на рис. 22 футляр розрахований на 9 батарейок від кишенькового ліхтарика, зібраних у три групи по три батарейки в кожній (у групі з'єднання послідовне, між групами — паралельне). Таке змішане з'єднання батарейок забезпечує напругу близько 12 в і струм 1,5—2 а, чого цілком досить, щоб розжарити ніхромову петлю завдовжки 3—4 см та завтовшки 0,2 мм на відстані 10 м.

Двопровідний кабель для передачі струму з КП до місця старту виготовте з звичайного освітлювального шнура в гумовобавовняній ізоляції. Його має бути згідно з правилами проведення ракетомодельних змагань не менше 10 м. Стартове електрогосподарство треба завжди тримати в повному по-

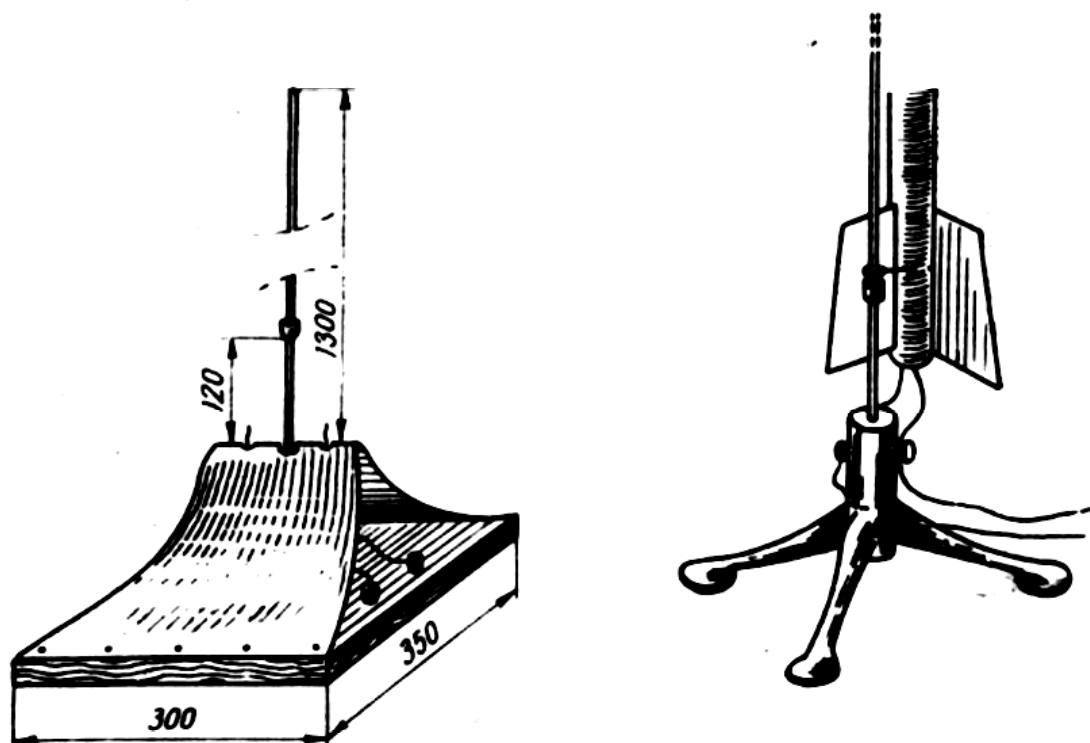


Рис. 21. Варіанти стартових установок.

ряду. Кабель зберігають на спеціальній котушці, розміри якої повинні відповідати внутрішній порожнині кришки футляра, де вона звичайно зберігається.

Кінці кабелю мають бути ретельно заізововані. Приєднувати кабель до клем треба тільки через закінцівки, розміри яких подані на рис. 23,а. Закінцівки вирізують з міді чи бронзи і припаюють до кінців кабелю, після чого місце спаювання обмотують ізоляцією.

Ключ, що являє собою звичайну штепсельну вилку з закороченими ніжками, з'єднаними між собою дротиком, ніколи в похідному положенні не повинен бути в гніздах розетки. Його вставляють тільки після дозволу судді за кілька хвилин перед стартом, а до цього він зберігається з прив'язаною біркою у начальника старту. На бірці вказана команда — учасниця змагань. Сам старт починається за

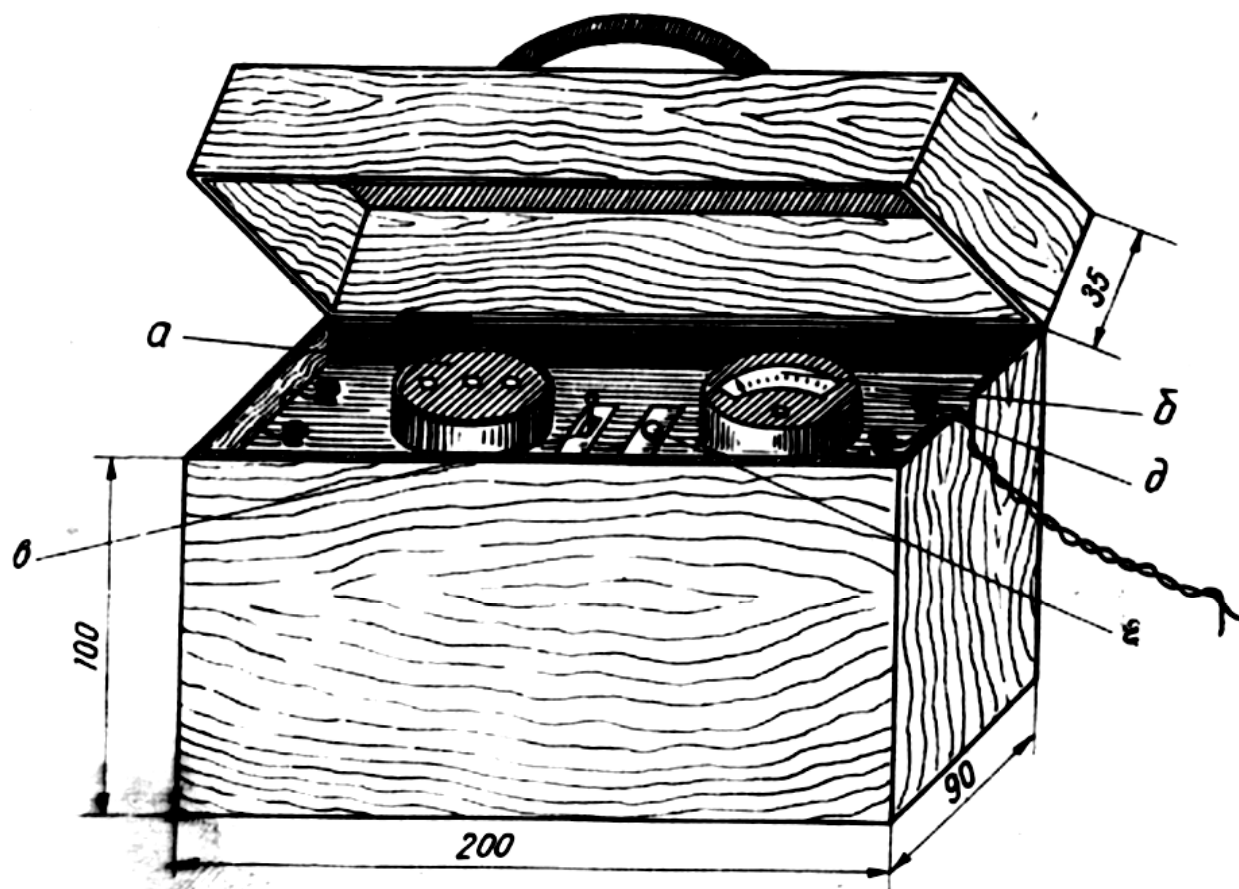


Рис. 22. Зовнішній вигляд пульта керування стартом: а) розетка стартового ключа; б) індикатор; в) тумблер вмикання індикатора; г) стартова кнопка.

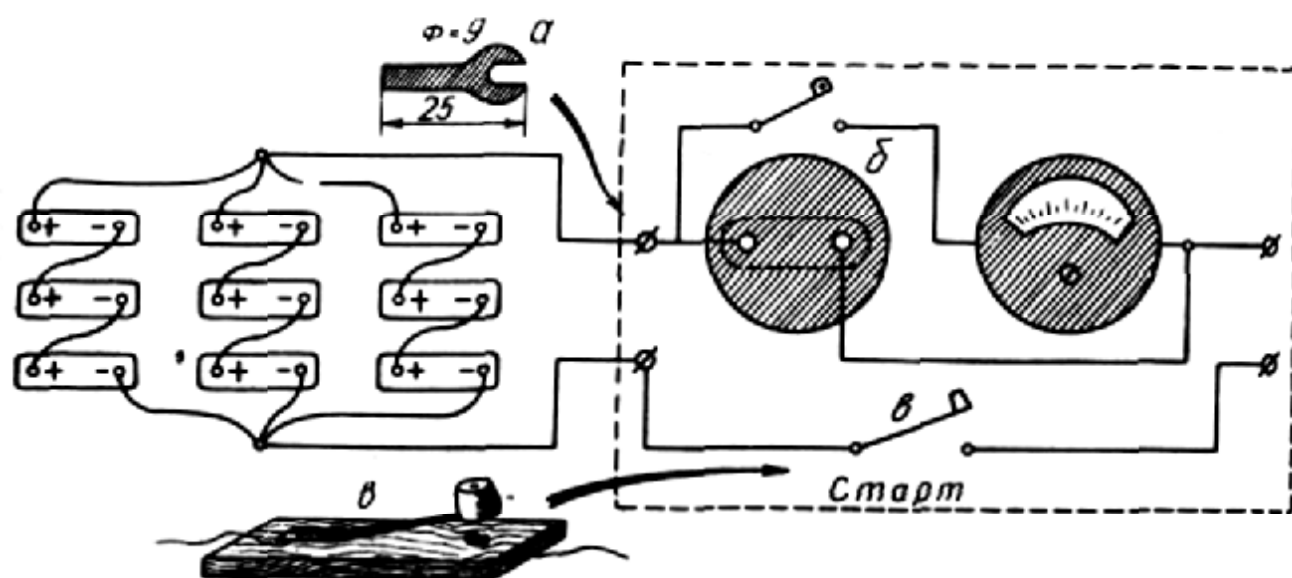


Рис. 23. Схема електропроводки пульта керування: а) закінцівка; б) ключ; в) саморобна кнопка пуску.

командою судді натисканням на кнопку, що може бути саморобною (рис. 23, в) або промислового виготовлення будь-якої конструкції.

На пульті керування монтують ще й третій вимикач для тимчасового вмикання вольтметра, що показує перед стартом, чи правильно підключено електрозапал. Вимірювальний прилад на нашому пульті ми використовуємо тільки для одержання сигналу готовності, тому називати його будемо просто індикатором.

Вимикач для індикатора можна взяти або кнопковий, як і для стартового вимикача, або ж у вигляді тумблера (перекидного вимикача). Звичайно, краще взяти тумблер, адже вмикають індикатор стартовою кнопкою, увімкнувши перед тим вимикач індикатора. Одночасно натискувати обидві кнопки буде незручно. Під час перевірки електричного кола завжди треба звертати увагу на ключ. Якщо він знаходиться в розетці, то натискання на стартову кнопку призведе не до перевірки електричного кола, а до запалювання ракетного двигуна.

Сам електрозапал, тобто частину електричного пристрою, що його вводять у канал ракетної порожнини для запалювання горючої суміші, можна зробити кількох систем.

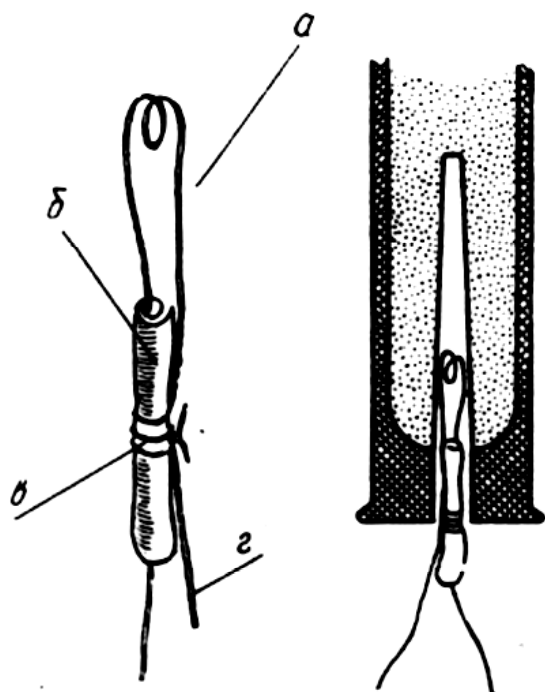


Рис. 24. Електрозапал: а) ніхромової спіраль; б) целофанова ізоляція; в) обв'язка електрозапалу ниткою; г) мідні жилки-струмопроводи.

Першу з них, найпростішу (рис 24), роблять з петлі ніхромової дротини завтовшки 01,—0,2 мм, до якої приєднують мідні зачищені жилки від освітлювального шнура завтовшки по 0,3 мм. Потім місце скручування старанно ізолюють одне від одного шматочком целофану і обв'язують нитками. Кінці мідних дротин після введення електрозапалу в сопло ракетного двигуна розводять і приєднують до клем на стартовій установці.

Юні ракетомоделісти Макарівського районного Будинку піонерів, що на Київщині, ще у 1964 році для більшої надійності застосовували удосконалені електрозапали, в

яких розжарювана електрикою дротина охоплює головку сірника, що вводиться в сопло двигуна. Завдяки цьому під час запалювання виділяється значно більше тепла і старт відбувається надійніше.

Під час старту на змаганнях треба бути винятково дисциплінованим і організованим. Стартові правила, встановлені для ракетомодельних змагань, досить суворі, і найменша недисциплінованість може спричинитися до заборони старту або до виключення із змагань. Це надто стосується випробувальних запусків, які категорично забороняються під час офіційних стартів або ж дозволяються тільки в спеціально відведеному місці.

Перед виходом на старт треба все заздалегідь перевірити і приготувати. Парашути треба складати спокійно, правильно, не відволікаючись. Взагалі зосередженість і спокійна поведінка — головне для юного ракетомоделіста. Як і в справжній космонавтиці, тут не можна нічого забувати.

ДВОСТУПЕНЕВА МОДЕЛЬ РАКЕТИ З ДВИГУНОМ НА ТВЕРДОМУ ПАЛИВІ І ЗНИЖЕННЯМ НА ПАРАШУТІ

Багатоступеневі моделі ракет є далшим кроком юного ракетомоделіста на шляху оволодіння ракетомодельною справою. Дво- і триступенева моделі ракети значно більше нагадують справжній космічний корабель, ніж одноступенева.

Ще наприкінці ХІХ сторіччя, розробляючи теоретичні проекти перших космічних кораблів, Костянтин Едуардович Ціолковський висунув ідею так званих «ракетних поїздів», тобто багатоступених ракет, що послідовно, спалюючи всі свої запаси пального, самі відпадають од головної частини, значно полегшуючи її для дальшого розгону.

Швидкості окремих ступенів ракети, починаючи від найпотужнішого та найважчого першого і кінчаючи останнім, що стає космічним тілом, з великою точністю обчислюють конструктори, коли ще ракетний космічний корабель існує в проекті. Для цього застосовують так звану формулу Ціолковського, що виводить залежність між початковою масою ракети, швидкістю витікання з сопел ракетних двигунів газових розжарених струменів, поступовим полегшенням ракети в міру витрати пального та відпаданням перших ступенів і швидкістю останнього ступеня, або космічного корабля.

Ознайомлення з цією залежністю покаже, що двоступенева модель ракети, яка діє за такими самими законами, що й справжній космічний корабель, при відпрацюванні обох двигунів зовсім не повинна підійматись на подвійну висоту, як гадають іноді деякі ракетомоделісти. Адже першому двигунові треба підняти не тільки самого себе та корпус моделі, а ще й іншого двигуна, який чекає своєї черги, щоб почати дальший розгін.

Отже, перший двигун, відпрацювавши, підніме модель на висоту, ледь більшу за половину траєкторії одноступеневої ракети. Та зате другий ступінь, що почне працювати в значно кращих умовах (він уже матиме початкову швидкість, якої надав ракеті перший двигун), підніме модель на висоту трохи більшу за ту, якої досяг би другий ступінь, стартуючи безпосередньо з землі.

Неодноразові вимірювання висоти підйому двоступених моделей ракет (хоча й досить наближені) свідчать, що висота

підйому двоступеневої моделі ракети становить 150—170% висоти підйому такої самої одноступеневої моделі ракети із зниженням на парашуті.

На рис. 25 зображена модель двоступеневої ракети із зниженням на парашуті. Зовні вона дуже схожа на одноступеневу модель. Різниця та, що, крім звичайного ракетного двигуна, встановленого в нижню частину рурки-корпуса, нижче розміщено ще один двигун у спеціальному відсіку корпусу з невеликими стабілізаторами, що є продовженням основних стабілізаторів другого ступеня. Ця додаткова частина з'єднується з основною коротеньким патрубком, що приклеєний до верхньої частини першого ступеня і надівається на нижню частину другого.

Двигун першого ступеня вже був описаний у розділі про двигуни ракетних моделей. Це так званий «вкорочений» двигун із зменшеним глухим зарядом і без порохового спалаху. Система переходу вогню, що була описана в розділі про двигуни, забезпечує швидке запалювання наступного двигуна після відпрацювання першого ступеня. При цьому весь відсік першого ступеня виштовхується силою газів другого двигуна, і модель ракети починає долати другу половину ділянки розгону. Далі все відбувається так само, як і в одноступеневій моделі: пороховий спалах другого двигуна виштовхує парашут, розтягується гумовий амортизатор, запобігаючи відриву парашута від корпусу, і модель ракети знижується на розкритому парашуті.

В описуваній моделі порівняно з попередньою трохи інший процес виготовлення рурки-корпуса. Заготовка з паперу для корпусу має бути довша на 7 см. Недарма, виготовляючи шаблон-навійник, описаний у попередньому розділі, ми взяли його довжину з деяким запасом. І, по-друге, коли обмотують навійник двома шарами цупкого креслярського паперу, на нижню, звужену його частину, намотують для міцності ще один шар.

Після висихання майбутнього корпусу ракети на його нижній тришаровій частині, як на шаблоні, в свою чергу намотують у три шари патрубок. Одразу до корпусу його приклеювати не треба. Спочатку нижню частину рурки-корпуса треба відрізати на 70 мм. Це буде перший ступінь нашої моделі. Тепер з'єднувальний патрубок можна склеїти з корпусом першого ступеня так, щоб він на дві третини, тобто на

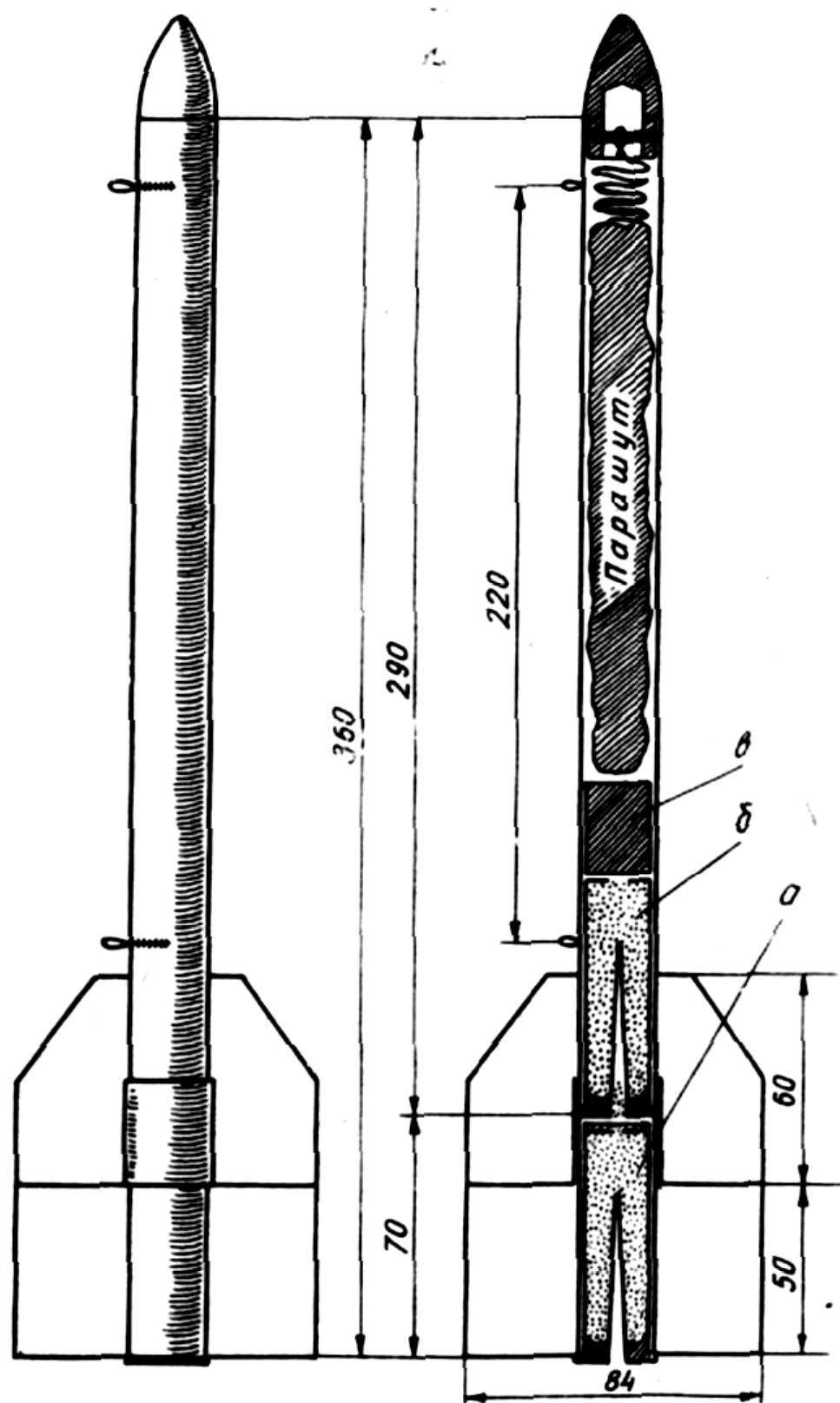


Рис. 25. Модель двоступеневої ракети: а) двигун першого ступеня; б) двигун другого ступеня; в) пиж.

20—25 мм, був зсунутий з корпусу. Цією частиною він надіватиметься на корпус другого ступеня (рис. 26).

Значну увагу необхідно звернути на місце приєднання першого ступеня до другого, бо від цього залежатиме надійність переходу вогню з двигуна в двигун. Для точного припасування треба мати порожні гільзи звичайного і вкороченого двигунів, що потім застосовуватимуться в другому та першому ступенях ракети. Вставимо гільзу звичайного двигуна в нижню частину корпусу другого ступеня і спробуємо надіти патрубок першого ступеня. Тришарова товщина корпусу ракети в цьому місці цілком перекриє діаметр закраїн головки гільзи, і патрубок вільно або з невеликим тертям надіється на нижню частину.

Тепер треба відрегулювати довжину корпусу першого ступеня так, щоб вкорочена гільза торкалася головки гільзи стандартного двигуна. Це роблять поступовим відрізуванням смужки паперу з нижнього краю корпусу першого ступеня.

Після припасування ступенів починаємо приклеювати стабілізатори. Вони мають бути не тільки точно розмічені і встановлені без найменших перекосів, а й повністю співпадати з стабілізаторами сусіднього ступеня. Між стабілізаторами першого та другого ступенів повинна бути тільки тоненька щілина. Кожна пара стабілізаторів в аеродинамічному відношенні повинна працювати як один, але збільшений.

Після встановлення стабілізаторів приклеюють напрямні кільця, модель фарбують і споряджають для пробного запуску. В обидва ступені двигуни вставляють туго з додатко-

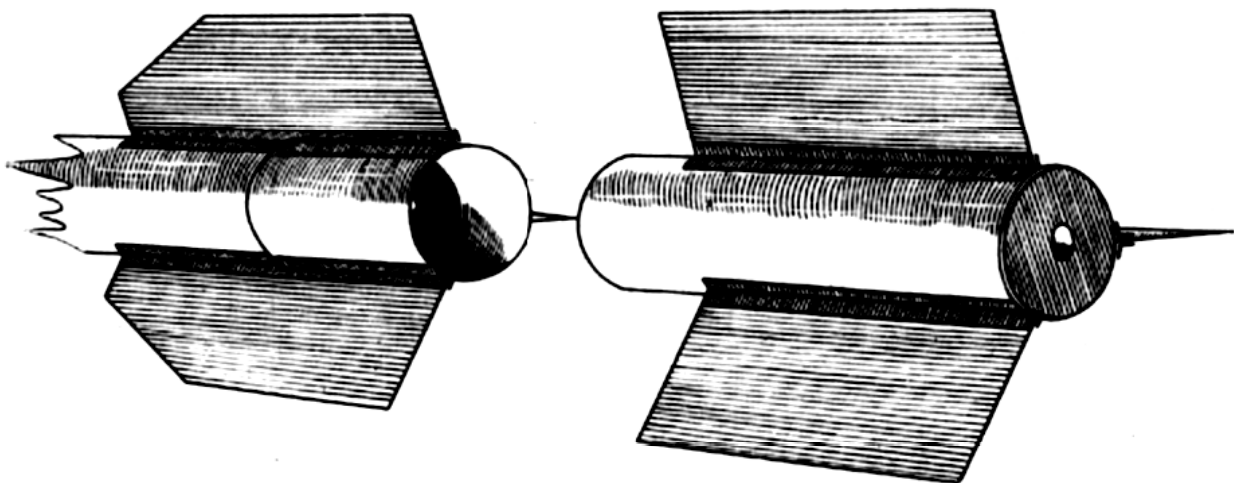


Рис. 26. Стикування першого та другого ступенів.

вою підмоткою, якщо це потрібно. В ракетну порожнину стандартного двигуна засипають трохи димного пороху (не більше, як для порохового спалаху), верхню частину вкороченого ракетного двигуна, якщо вона була закрита папковим кружальцем і завальцьована, звільняють від останнього і обидва ступені з'єднують у перевернутому догори вигляді.

Ще раз нагадуємо, що вкорочений двигун повинен щільно притискатись до головки стандартного. Тільки в цьому разі перехід вогню з двигуна в двигун буде надійним.

Решта порад щодо спорядження ракети і її старту та сама, що й для одноступеневої моделі ракети.

МОДЕЛЬ РАКЕТИ ДЛЯ ПІДЙОМУ КОРИСНОГО ВАНТАЖУ

Моделі ракет для підйому вантажу дещо різняться від двох описаних раніше типів насамперед метою запуску. Якщо для тих моделей ракет найголовнішим було якнайдовше перебування їх у повітрі, то основне для вантажопідйомної моделі ракети — якнайвищий зліт. Час перебування в повітрі не має істотного значення. Розкриття парашута потрібне лише як сигнал для визначення висоти, а також для того, щоб модель, знижуючись, не пошкодилась при ударі об землю.

Зовні в стартовому положенні модель майже не відрізняється від одноступеневої ракети із зниженням на парашуті. Внутрішнє розміщення частин у ній таке саме (рис. 27). Але при порівнянні двох моделей у польоті ви одразу побачили б різницю. Вантажопідйомна модель ракети ніколи не підніметься на таку висоту, як ракета для максимального перебування в повітрі, через те, що вона несе в собі так званий «корисний вантаж». Він являє собою циліндричної форми свинцевий злиток вагою 28 г і діаметром $19 \pm 0,1$ мм (бачите, яка потрібна точність, щоб узяти участь у змаганні).

Цей вантаж повинен протягом усього часу польоту знаходитися в моделі і не відпадати в момент набору висоти чи зниження. На першу вимогу суддів такий вантаж повинен бути легко відокремлений од моделі для обмірювання і зважування. Якщо ж модель приземлиться без нього, політ не буде зарахований. Правилами проведення ракетомодельних змагань обумовлено також, що цей циліндр не повинен

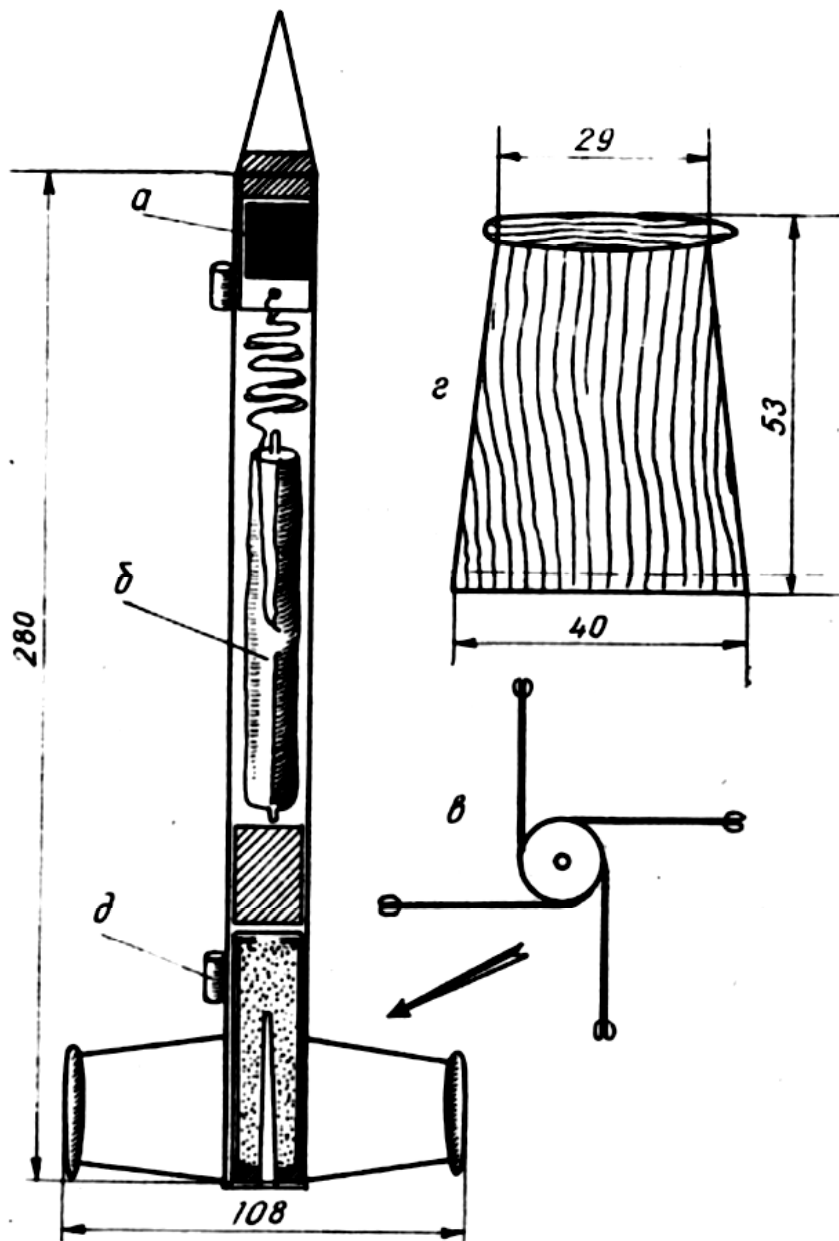


Рис. 27. Модель ракети для підйому вантажу на максимальну висоту: а) свинцевий вантаж; б) стрічковий парашут; в) кріплення стабілізаторів до корпусу; г) стабілізатор; д) напрямний патрубок.

мати вушок, отворів чи канавок і до нього не можна кріпити ніяких інших деталей.

Приверне до себе увагу така модель і розмірами парашута. Якщо в одноступеневих моделях для максимального перебування в повітрі парашут роблять якнайбільшого діа-

метра, по 600 мм і навіть по 1 м, то для вантажопідйомної ракети його роблять радіусом усього 12—15 см.

Деякі юні ракетомоделісти взагалі не користуються для цієї моделі купольним парашутом, а беруть вимпел, або стрічковий парашут, тобто звичайну паперову стрічку завширшки 50 мм і завдовжки близько 0,5 м, що викидається з корпусу так само, як і звичайний парашут, і потім розкручується під час падіння.

Які ж завдання стоять перед юним ракетомоделістом при проектуванні та побудові ракетної моделі для підймання вантажу на максимальну висоту?

Найбільшу висоту підйому, як відомо, забезпечують дві умови — максимальне полегшення всіх частин моделі: найбільша остійність під час набору висоти. Впливу потужності ракетного двигуна, що є основним чинником у вирішенні цього питання, ми до уваги не беремо.

Щоб максимально полегшити модель і водночас домогтися якнайбільшої остійності під час набору висоти, нам доведеться корисний вантаж розташувати в носовій частині моделі, точніше в обтічнику. Завдяки цьому й обтічник можна полегшити, бо потрібний для остійності носовий вантаж буде тепер у вигляді свинцевого зливка. Останній треба вмонтувати в обтічник так, щоб, не розбираючи моделі ракети, можна було виїняти його і вручити суддям.

Для виготовлення такого комбінованого обтічника використаємо порожню гільзу від ракетного двигуна. Відрізавши од папкового патрубку відтинок завдовжки 35 мм, припасуємо до його внутрішнього діаметра липову бобишку, зображену на рис. 28,б, і приклеюємо. Верхню частину обтічника можна зробити у вигляді паперового конуса. Якщо у вас є бальза, найліпше і бобишку і обтічник вирізати з одного її шматка.

Після склеювання і встановлення на місце конуса (його розгортка подана на рис. 28,д) ми можемо дуже легко вмістити і закріпити всередині патрубку наш корисний вантаж. Для цього варт лише зробити в краях патрубку навхрест чотири отвори, просилити в них міцну катушкову або капронову нитку — і вантаж надійно триматиметься у визначеному для нього місці.

Парашут та амортизатор до такого обтічника прив'язують в один з проколених на кінці патрубку отворів, отже,

вийманню та встановленню на місце корисного вантажу вони не заважатимуть.

У цій моделі інший і спосіб кріплення стабілізаторів, виготовлених з одноміліметрової авіамодельної фанери, добре відшліфованих скляною шкуркою та загострених по ребрах. Вони мають форму рівнобедреної трапеції. Приклеюють їх до нижньої частини рурки-корпуса по дотичній. З аеродинамічної точки зору такий спосіб кріплення менш доцільний. Але якби ми кріпили такі стабілізатори радіально, знадобилися б дерев'яні кутнички — по два на кожен стабілізатор, — а це зайва вага.

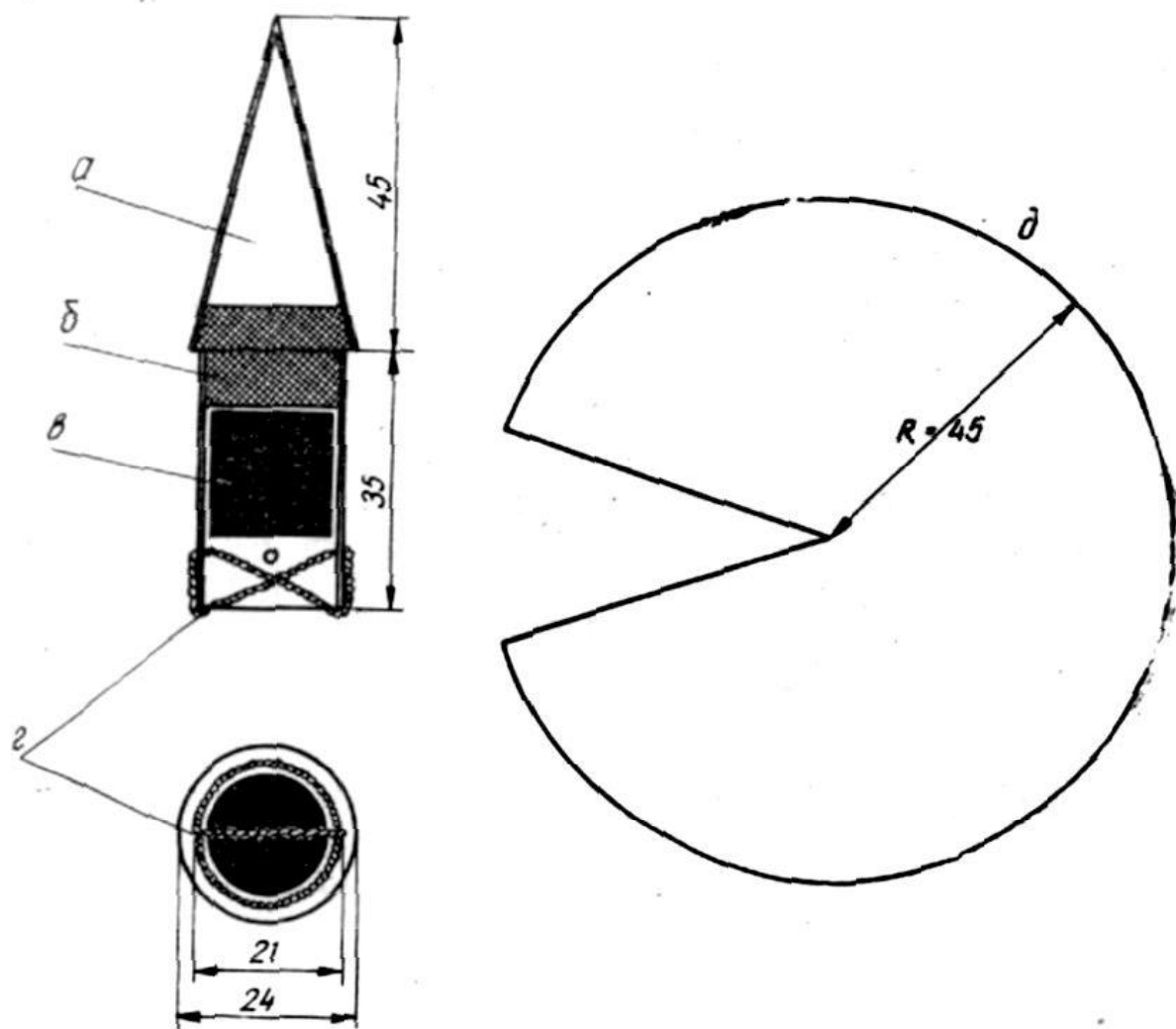


Рис. 28. Носовий обтічник з вантажем: а) паперовий конус; б) липова бобишка; в) свинцевий вантаж; г) кріплення вантажу; д) розгортка паперового конуса.

Напрямні патрубки нашої моделі складаються з трьох шарів звичайної горючої кіноплівки, склеєної на емаліті і потім приклеєної до корпусу. Внутрішній діаметр їх повинен бути на 1 мм більший за діаметр штиря.

Вимірювання висоти підйому

Визначення висоти підйому моделей ракет нагадує відому задачу з «Цікавої математики» про те, як виміряти ширину річки, не перепливаючи її.

Відстані до предметів, яких не можна дістати, вимірюють методом обчислення елементів трикутника по одній з його сторін та прилеглих кутах. Найпростіший спосіб — із застосуванням прямокутного трикутника. Для цього достатньо виміряти кут підйому моделі з точки, відстань від якої до стартової платформи відома, і потім по масштабному зображенню методом подібності визначити висоту протилежного катета. Такий спосіб схематично зображений на рис. 29.

Але він не надійний. Справді, звідки ми знаємо, що модель злетіла вертикально? А може, її занесло вітром чи з якоїсь іншої причини.

Найдоцільнішим є спосіб визначення висоти за двома вимірюваними кутами з подвоєної бази, що розміщена в напрямку вітру (рис. 30). Спостерігачі з кутомірними приладами розташовуються в точках А і С на відстані 100 м від точки старту В, що знаходиться посередині. Біля кожного спостерігача повинен бути сигнальний, що веде спостереження за місцем старту і передає туди одержані результати.

Коло начальника старту, що знаходиться там, де стартують моделі, також повинен бути спостерігач з біноклем та сигнальним прапорцем. Одержавши з місця старту сигнал-попередження про готовність до старту чергової моделі ракети, суддя-спостерігач з кутомірним приладом вимірює кут підйому, записує одержані дані і передає судді-сигнальнику, який повідомляє їх на місце старту.

Найкраще використати для цієї мети польовий телефон. Та коли його нема, можна організувати передачу сигналів двома наборами цифр завбільшки як сторінка звичайного альбома для креслення. Великі чорні цифри заввишки 250—

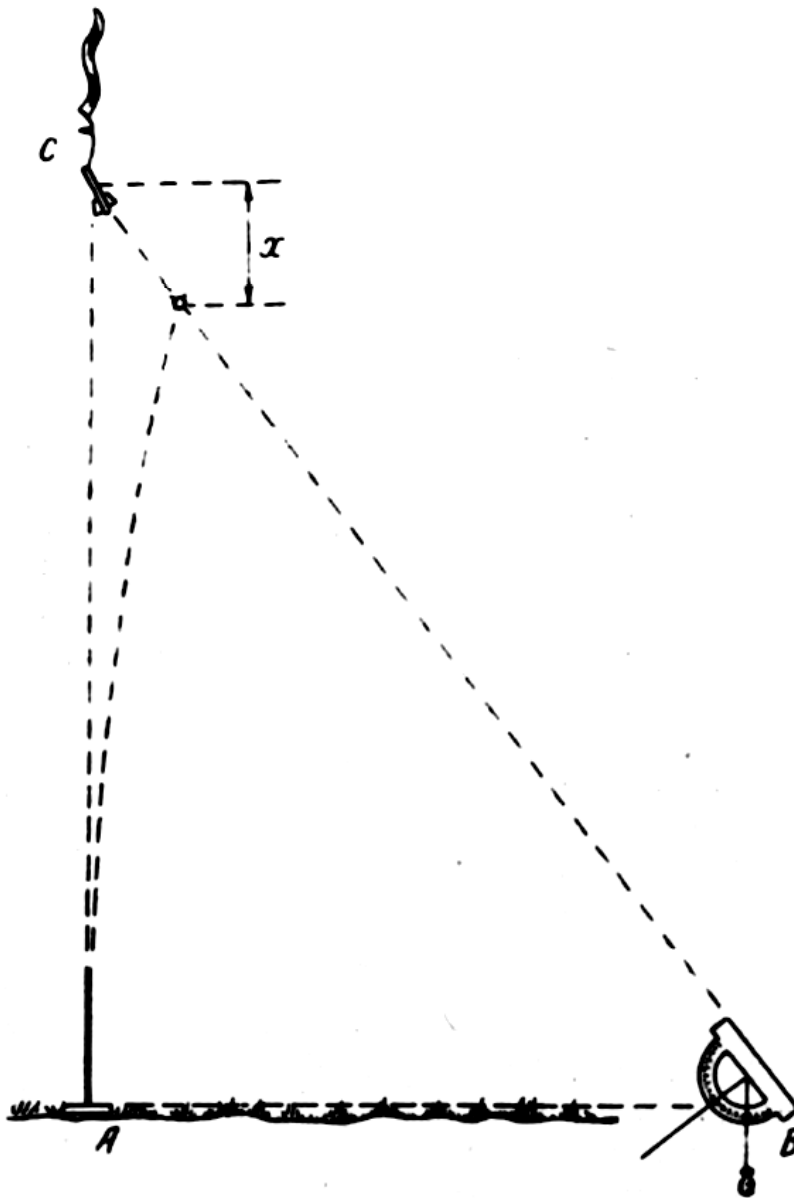


Рис. 29. Найпростіший спосіб вимірювання висоти підйому моделі ракети.

300 мм на білому тлі можна побачити на відстані 100 м навіть без бінокля.

Після того як начальник старту або його помічник одержали і записали виміряні кути від обох спостерігачів, вони суміщають їх на планшеті, зображеному на рис. 31. Планшет найліпше накреслити на міліметровому папері і прикріпити до шматка дикту або до невеликої креслярської дошки.

Виходячи з найзручніших розмірів планшета, доцільно брати масштаб 1 : 500. У такому масштабі база вимірювання

А—С, що насправді становитиме 200 м, на планшеті буде завдовжки 400 мм. Забивши в точках А і С на планшеті невеликі цвяшки і прив'язавши до них чорні нитки по 700—800 мм завдовжки, будемо відкладати за кутомірними лімбами одержані кути і в точці перетину обох ниток по вертикальній масштабній лінійці визначати шукану висоту.

Такий спосіб вимірювання висоти досить точний. Процент відхилень убік від осьової лінії бази незначний через те, що лінія бази розміщується в напрямку вітру, отже, всі ракети зноситиме тільки на точку вимірювань, що стоїть за вітром. Ці відхилення точно фіксуються в площині планшета. Якщо ж модель і відхилиться від осьової лінії, то величина похибки в цьому випадку буде не дуже велика. На 10° відхи-

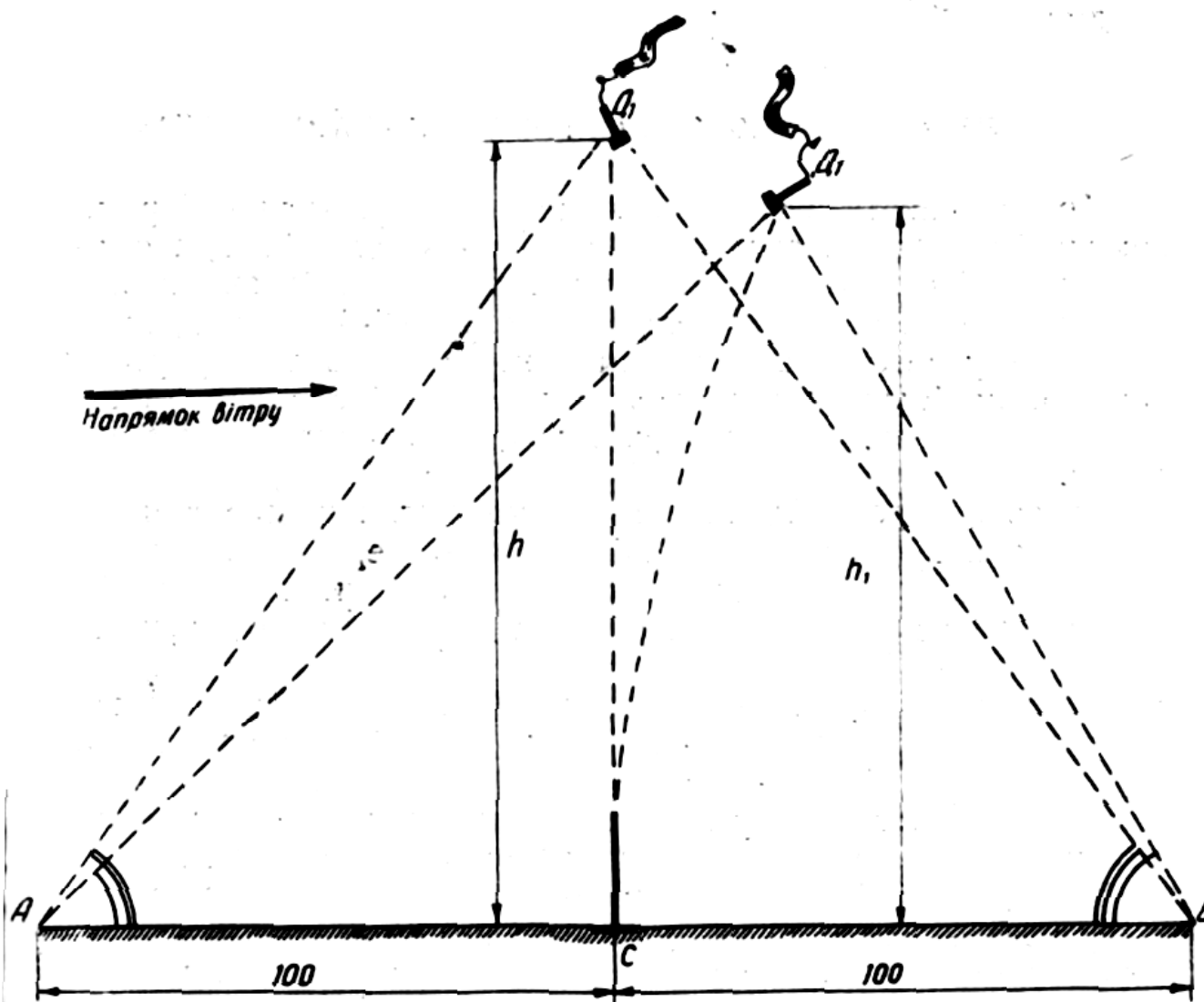


Рис. 30. Вимірювання висоти підйому за двома кутами з подвоєної бази.

лення од вертикалі вона становитиме приблизно 1% від усієї висоти підйому. Справедливість цього твердження можна довести не дуже складною стереометричною побудовою.

Цей спосіб вимірювання відстаней до далеких об'єктів завдяки швидкому одержанню кінцевого результату здавна використовується в артилерії, особливо в зенітній, для швидкого визначення відстаней до ворожих літаків. Тільки база від А до В в таких приладах-далекомірах становить не кілька сот метрів, як у нас, а 1—2 м.

Такий самий далекомір кожен з нас завжди носить з собою. Це — наші очі. Відстань між ними — база. Тільки людина не вимірює кутів суміщення, а відчуває, чи далеко предмет, чи близько.

МОДЕЛЬ АВТОРОТУЮЧОЇ РАКЕТИ ТИПУ «ПАРАСОЛЬКА»

Модель ракети з такою назвою сконструювали юні ракетомоделісти броварської восьмирічної школи № 3, що на Київщині. Це звичайна собі модель ракети із зниженням на авторотації, але оригінальна конструкція її ротора, що в складеному вигляді вміщується в корпус, а в розгорнутому завдяки радіальним бамбуковим пруткам і гумовим та капроновим тягам нагадує парасольку, спричинилася до такої назви.

Слово *авторотація*, або *самообертання*, виникло для визначення явища, що спостерігається в вертольотів у момент, коли під час польоту несподівано зупиниться двигун. Та катастрофи не станеться, бо ротор, що працював від двигуна з швидкістю кількох сотень обертів на хвилину, обертатиметься й далі, але не силою працюючого двигуна, а силою повітряного потоку, що обертатиме лопаті вертольота при його зниженні. Тільки пілоту доведеться спеціальною ручкою змінити кут нахилу лопатей. При цьому вертолїт не падатиме, а плавно спускатиметься, немов на парашуті.

Отже, несподівана зупинка двигуна викличе лише вимушену посадку, та й то не будь-де, а в тому місці, куди захоче сісти пілот. Під час авторотації вертолїт, як і в момент звичайного польоту, не втрачає керованості, і пілот за допомогою органів керування може спланірувати на потрібну

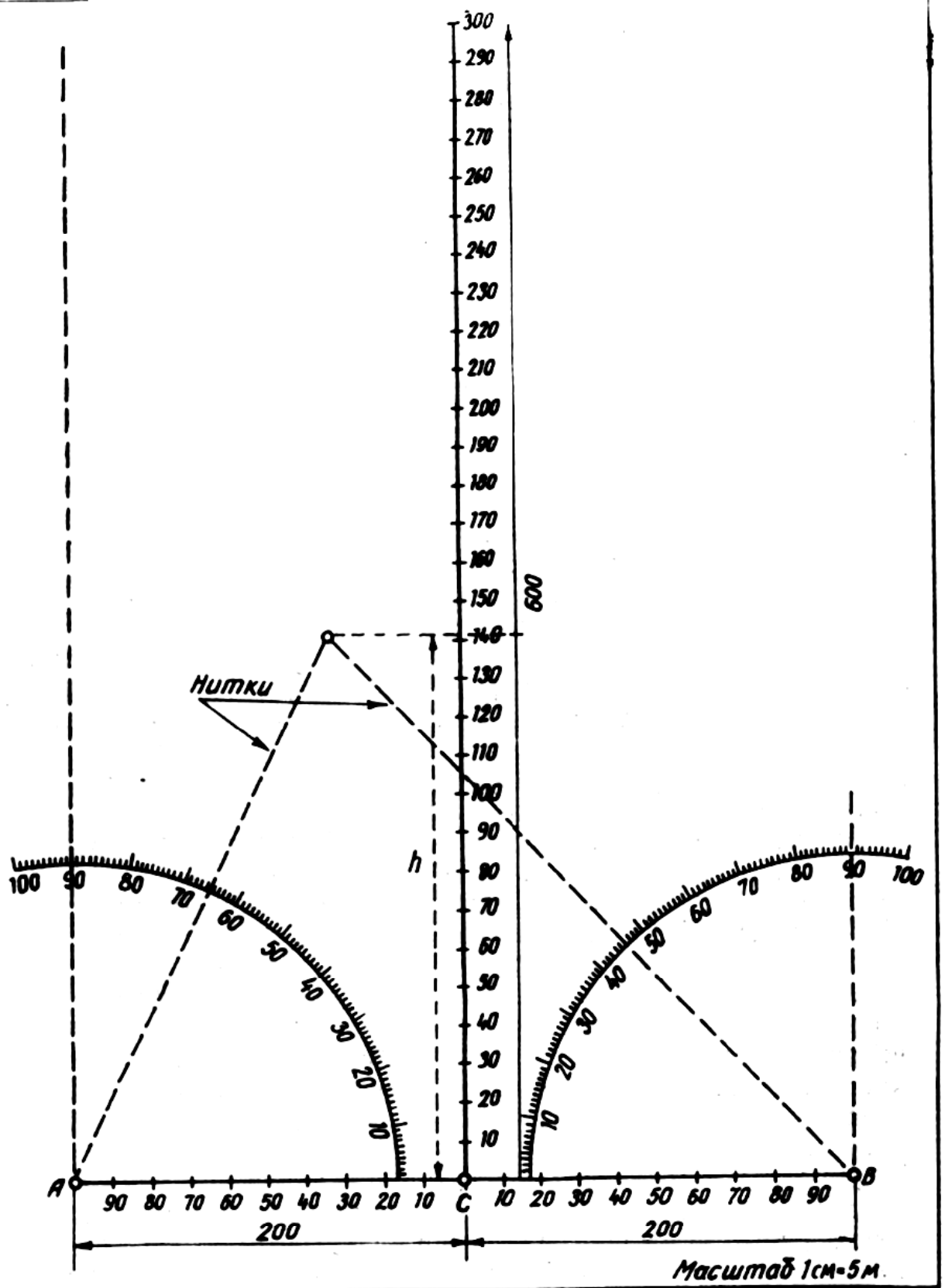


Рис. 31. Планшет для визначення висоти підйому моделей ракети за двома кутами.

ділянку. Таку властивість вертольота демонструє й описувана модель ракети із зниженням на авторотації.

Зовні модель ракети типу «Парасолька» (рис. 32) майже нічим не відрізняється від звичайної одноступеневої моделі ракети із зниженням на парашуті. Тільки форма обтічника у неї дещо незвичайна. До його передньої частини приєднано три гумові тяги, що ховаються всередині корпусу.

Візьмемо модель однією рукою за корпус, а другою швидко потягнемо за обтічник, який разом з рештою деталей звільниться від рурки-корпусу, і за секунду перед нами розкриється ротор. Він розкривається справді як парасолька, утворюючи три яскраво пофарбовані паперові трикутники — лопаті ротора. В такому вигляді модель зображена на рис. 33.

Ротор становить єдине ціле з пижем (газовим поршнем) — деталлю, зображеною на рис. 32,а, що в момент авторотації править за вантаж. Він надає остійності авторотуючим лопатям під час зниження.

Коли ракета під дією ракетного двигуна піднімається на висоту 80—100 м, парасолька ротора викидається з корпусу силою порохового спалаху і, розкрившись, починає знижуватись. Корпус при цьому падає окремо. Щоб зниження частин моделі відповідало правилам проведення ракетомодельних змагань, до корпусу прив'язують невеликий стрічковий парашут-вмпел, про який ми розповімо пізніше.

Процес виготовлення корпусу, встановлення на ньому стабілізаторів та напрямних кілець шліфування та зовнішнє оздоблення не вимагають додаткових пояснень, бо нічим не відрізняється від уже описаних вище. Перейдемо одразу до опису виготовлення ротора — найтрудомісткішої частини моделі.

Ротор, креслення якого подані на рис. 34, монтують навколо центрального бамбукового стержня, нижнім кінцем міцно вклеєного в центровий отвір газового поршня. У верхній частині до стержня за невеликі вушка (рис. 35,б,в) кріплять 5 бамбукових прутків, шостий кріплять до дюралевого підшипника, щоб надати жорсткості всій системі.

Далі, на кінчику обтічника, кріплять дротяне вушко для прив'язування гумових тяг, а трохи нижче, також на обтічнику, — дротяні кронштейни (рис. 35,а), що мають відводити гумові тяги трохи вбік для надійнішого відкривання лопатей.

Дюралевий підшипник шостого прутка та дротяні кронштейни з'явилися внаслідок подальшої доробки конструкції.

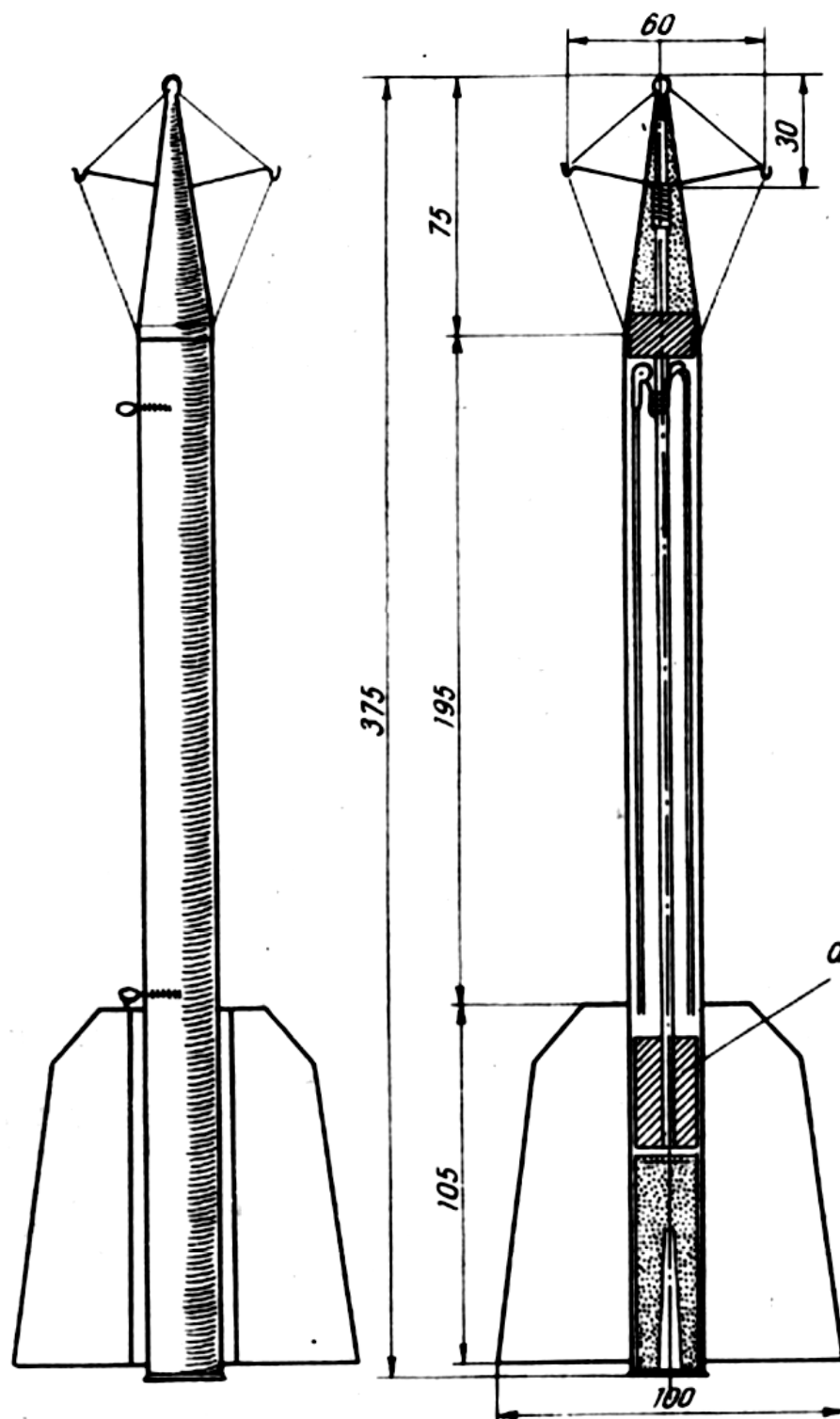


Рис. 32. Зовнішній вигляд і розріз моделі ракети типу «Парасолька» в стартовому положенні: а) газовий поршень.

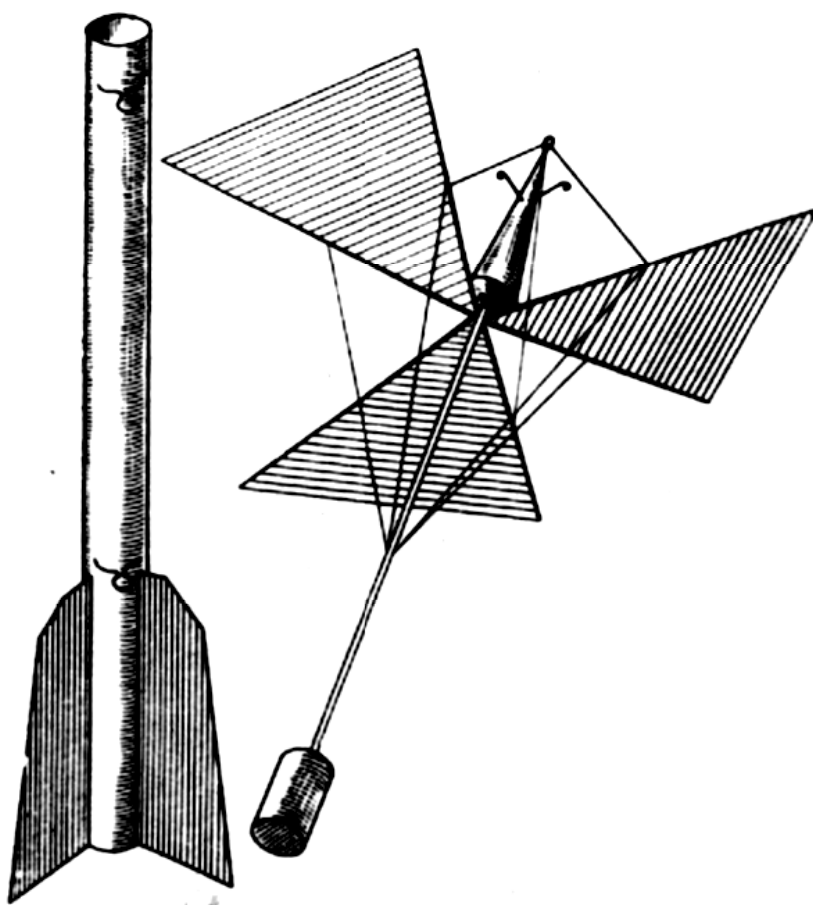


Рис. 33. Модель ракети типу «Парасолька» в режимі авторотації.

Як з'ясувалося, через м'які шарніри, що з'єднували бамбукові прутки з центровим стержнем, вся система скручувалась і спотворювала форму ротора. Від цього лопаті ротора розкривалися не завжди. Були випадки, коли одна або навіть дві лопаті після викидання порохом спалахом лишались у складеному стані і авторотуючий пристрій безладно падав на землю. Перед збиранням ротора закріпіть ще липову бобишку (рис. 35,е), яка служить основою для обтічника, а також центрує бамбуковий стержень з ротором точно всередині рурки-корпуса ракети.

Робота по збиранню ротора досить копітка. Коли всі прутки будуть приєднані, регулюють довжину тяг, що формують ротор у розкритому стані, і роблять рівномірний нахил його лопатей. Для цього беруть шматок дикту розмірами приблизно 500×500 мм, у ньому всередині вирізують круг-

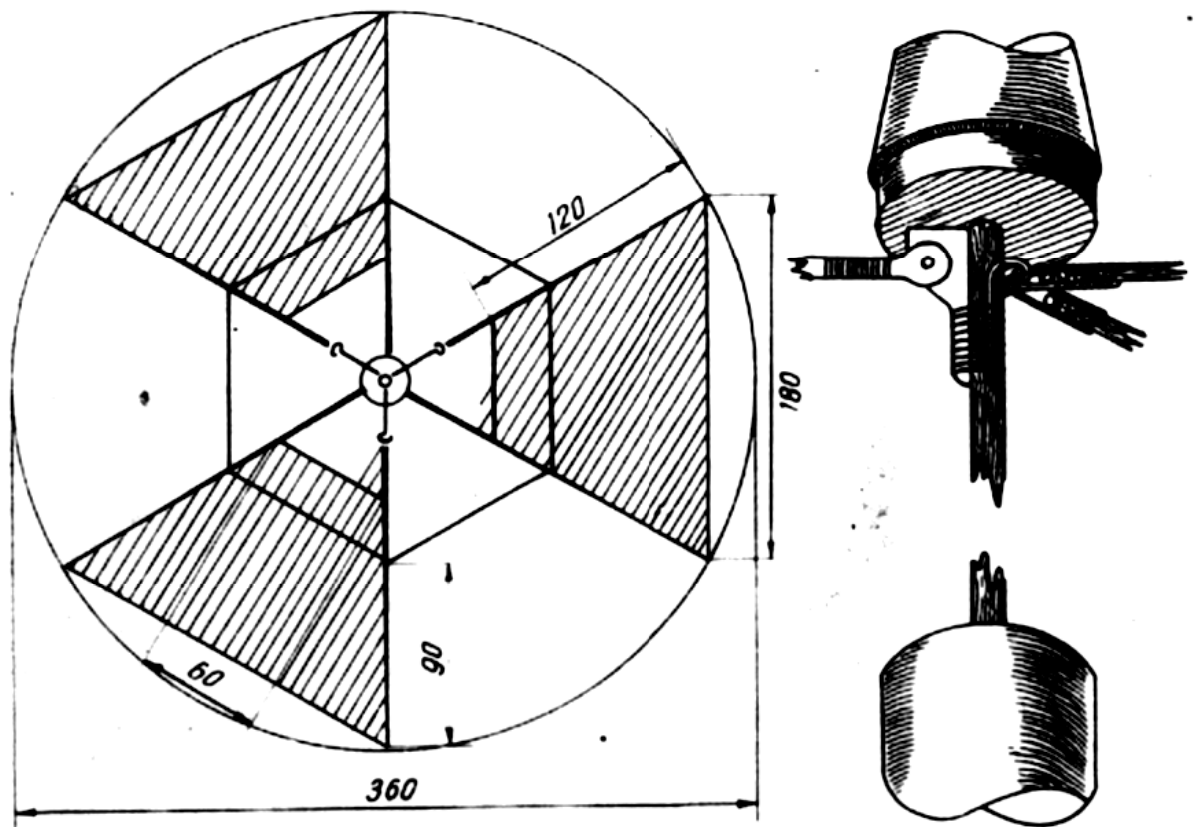


Рис. 34. Ротор моделі (вигляд зверху) та спосіб кріплення бамбукових прутків.

лий отвір діаметром 30—40 мм, а на поверхні креслять шість радіальних ліній, що ділять коло на рівні кути по 60° . Розташували дикт так, щоб під отвором була порожнина (наприклад, між двома столами), розкладають прутки ротора по накреслених лініях, опустивши вниз через отвір бамбуковий стержень з газовим поршнем на кінці.

Після цього прив'язують кільцеву розтяжку, розмітивши попередньо місця прив'язування посередині кожного прутка. Щоб прутки не зсувалися, притискають їх на кінцях чимось важким. Закінчивши обв'язку кільцевих розтяжок, кріплять гумові тяги до тих самих точок, попередньо проемалітивши всі вузлики. Гумові тяги прив'язують не до кожного прутка, а через один. У нерозтягнутому стані гумки повинні бути завдовжки по 4—5 см. Роблять їх з 1,2-мм угорської гуми, що входить до авіамодельних наборів.

Наостанок прив'язують нижні тяги-обмежники. Це треба робити якнайточніше, адже від довжини кожної обмежуючої тяги залежатиме висота підйому і нахил лопатей. Всі вузлики

після зав'язування та відрізання зайвих кінців конче треба проемалітити. Різниця в довжині сусідніх тяг має складати 20—25 мм, так щоб при цьому утворився нахил майбутньої лопаті приблизно на 20° . Довші тяги прив'язують до бамбукових прутків з гумовими тягами, коротші — до прутків без гуми. Після цього намічаємо пари прутків, які утворюватимуть лопаті ротора, і по кінцях зв'язуємо їх міцною катушковою ниткою (робимо додаткові кінцеві розтяжки).

Тепер візьмемо довговолокнистий папір, заздалегідь пофарбований, виріжемо заготовки у формі трикутників і приклеїмо до намічених прутків та ниток, що утворюють зовнішній пруг лопаті. Приклеювати треба тільки до зовнішньої поверхні прутків, кінців паперу загортати донизу не треба. Нитки клеять знизу до паперової поверхні, змащуючи клеєм та притискаючи.

Після приклеювання гострими ножицями відрізуємо зайвину і пробуємо скласти ротор. Для цього посередині кожної лопаті робимо складку на зовнішній бік і, зібравши всі бамбукові прутки внизу до купи, подвійні трикутнички складених посередині лопатей загортаємо всі разом на правий чи лівий бік. У такому вигляді ротор вкладаємо зверху в рурку-корпус так, щоб газовий поршень увійшов першим.

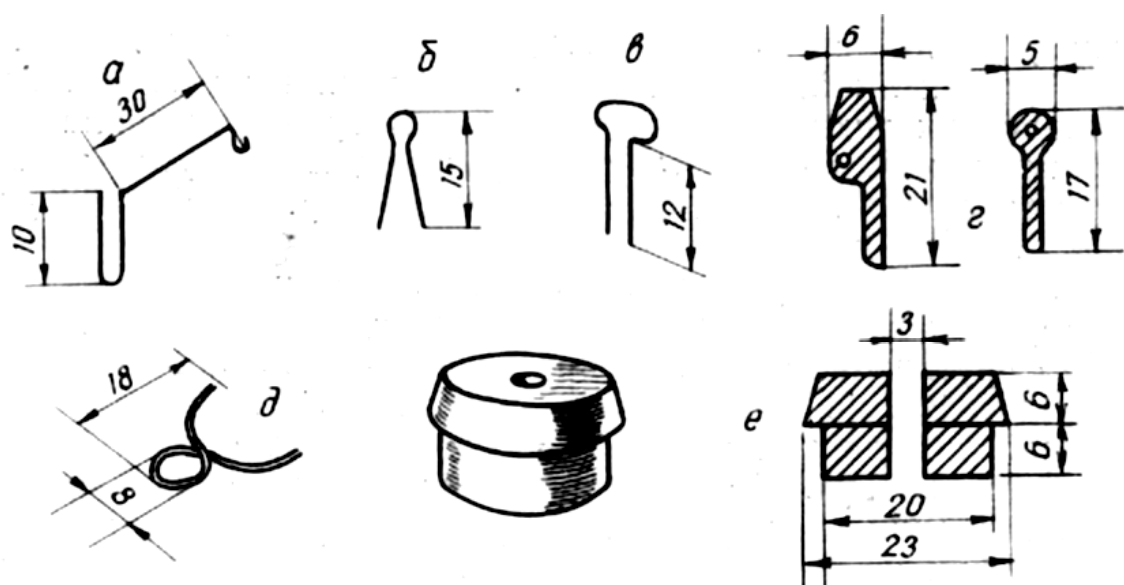


Рис. 35. Металеві деталі моделі ракети типу «Парасолька»: а) кронштейн для гумових тяг; б) дріт'яне вушко обтічника; в) дужка кріплення прутків ротора; г) дюралеві вушка для жорсткого кріплення першого прутка; д) напрямне кільце на корпусі ракети; е) липова бобишка обтічника.

Кілька разів слід перевірити, як розкривається ротор. Для цього просто висмикуємо його з корпусу. Якщо все гаразд, споряджуємо ракету двигуном і випускаємо її в повітря. Не забудьмо перед стартом перевірити, щоб гумові тяги, які знаходяться зовні корпусу над обтічником, були відтягнуті вбік і лежали кожна в розвилці свого кронштейна.

Авторотація ротора іноді супроводжується великим розкачуванням, від чого він швидко втрачає висоту. В такому разі слід ретельно перевірити рівномірність нахилу лопатей. Якщо все гаразд, доведеться трохи довантажити його нижню частину, тобто на центровий стержень біля газового поршня намотати трохи мідного або залізного дроту вагою не більше 4 г.

Ця конструкція має певну особливість — корпус ракети при зниженні падає окремо від ротуючого пристрою. Згідно з правилами проведення ракетомодельних змагань корпус повинен як і будь-який відпрацьований ступінь, знижуватись на парашуті. Найменший за розмірами стрічковий парашут, обумовлений правилами, — це паперова або тканинна стрічка розміром 25×300 мм. Таку паперову стрічку, змотану в рулончик, з приклеєною до зовнішнього кінця ниткою вміщуємо в корпус після того, як вставимо газовий поршень. Кінець нитки прив'язуємо до гумового амортизатора завдовжки 30 см, а амортизатор — до краю корпусу ракети. Разом з ротуючим пристроєм вилітає й стрічковий парашут.

Отже, і ротор, і корпус знижуються з пристроями для безаварійного приземлення.

РАКЕТОПЛАНИ

Ідея побудови ракетоплана з'явилась майже одночасно з першими проектами космічних кораблів. Ще в 1924 році відомий радянський інженер-винахідник і пропагандист ідеї міжпланетних польотів Фрідріх Артурович Цандер розробив теоретичний проект міжпланетного космічного корабля, що повинен був використовувати крила для попереднього розгону й підймання у вищі шари атмосфери (рис. 36).

Нині відомий усьому світові конструктор перших ракетно-космічних систем двічі Герой Соціалістичної Праці академік Сергій Павлович Корольов в середині 30-х років, за два-

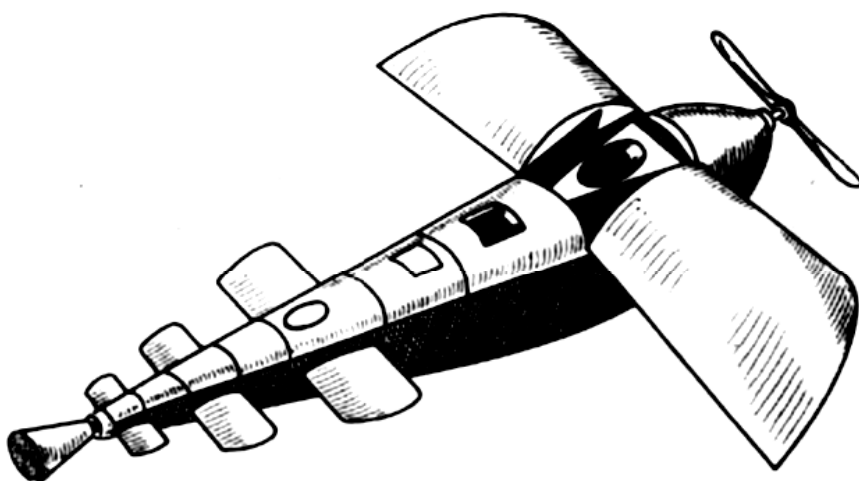


Рис. 36. Макет міжпланетного космічного корабля конструкції
Ф. А. Цандера.

дцять з лишком років до першої в світі подорожі радянської людини по навколоземній орбіті, спроектував та побудував разом із своїми помічниками безхвостку з рідинним ракетним двигуном (рис. 37).

У своїй книзі «Ракетный полет в стратосфере», що вийшла в світ у 1934 році, Корольов виступив як полум'яний пропагандист нових шляхів розвитку авіаційної техніки, доводячи перевагу стратопланів (ракетопланів, пристосованих до польотів у стратосфері) над звичайними літаками як у військовій справі, так і в авіаційному транспорті.

Перші моделі ракетопланів з'явилися ще в середині 30-х років, але особливого розмаху побудова моделей ракетопланів досягла в 60-ті роки, тобто в період масового розвитку ракетомоделізму, безпосередньо пов'язаного з величними досягненнями нашої радянської космонавтики.

Згідно з правилами проведення ракетомодельних змагань ракетопланом вважається модель, що набирає висоту лише за рахунок ракетного двигуна, не використовуючи для цього крил, а знижується як планер. Планірувати може не вся модель, а лише її частина. Корпус разом з ракетним двигуном повинен знижуватись на невеликому парашуті. Час планірування зараховується з моменту руху штиря до моменту посадки планіруючої частини ракети.

Виходячи з таких вимог і проектували свої моделі юні ракетомоделісти. Модель ракетоплана з м'якими крильми, що подається першою в цьому розділі, є найтиповішою.

Вона набула найбільшого поширення. Розглянемо її будову.

На рис. 38 зображена модель ракетоплана в момент зниження (планірування). У стартовому положенні ракетоплан повністю ховається в корпус. Як бачите, основа його — фюзеляж — це соснова чи бамбукова реєчка завтовшки 3×3 мм, на передньому кінці якої закріплений обтічної форми вантаж. Це й є обтічник (головна частина ракети).

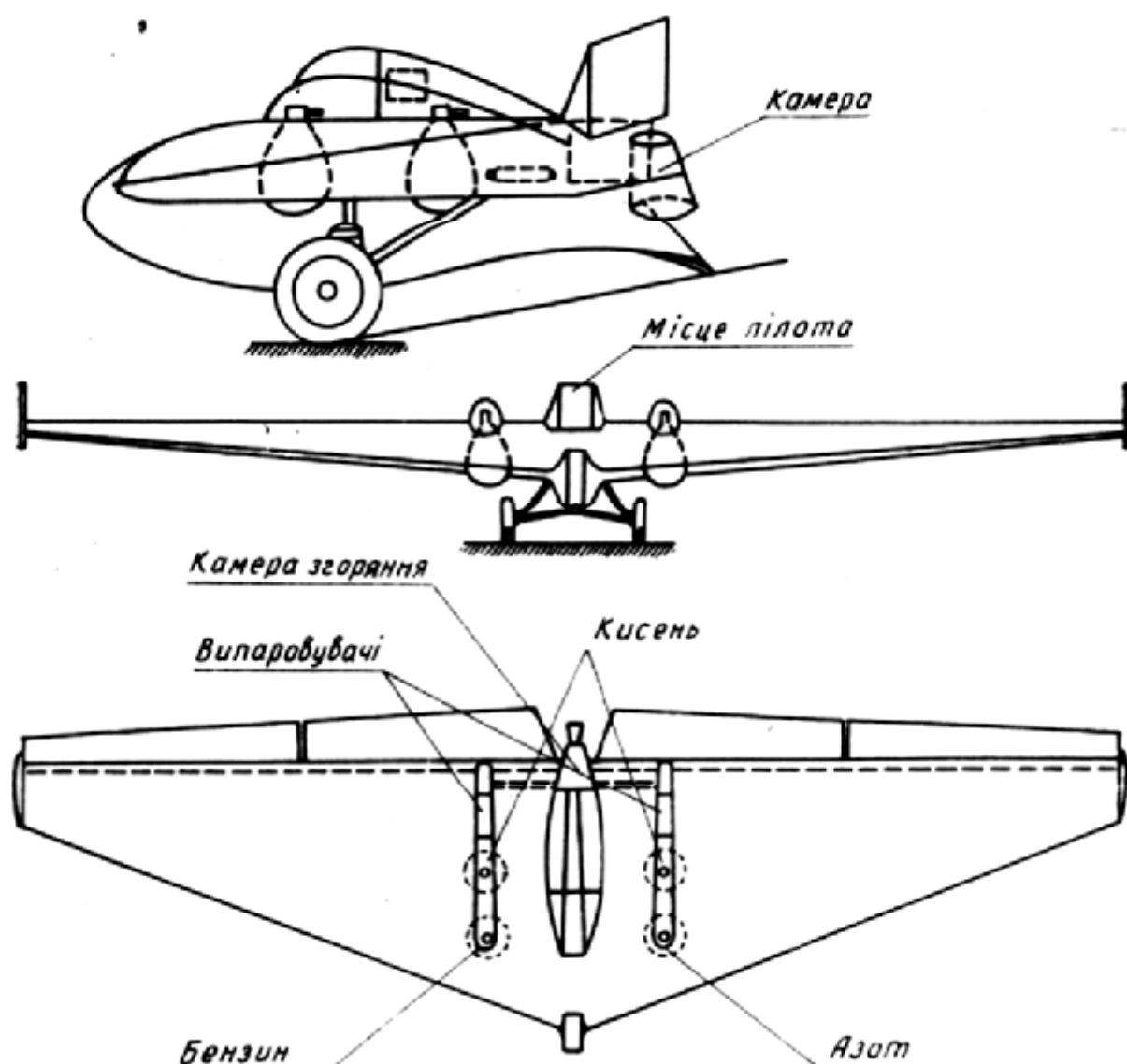


Рис. 37. Креслення ракетоплана-безхвостки з рідинним ракетним двигуном конструкції С. П. Корольова.

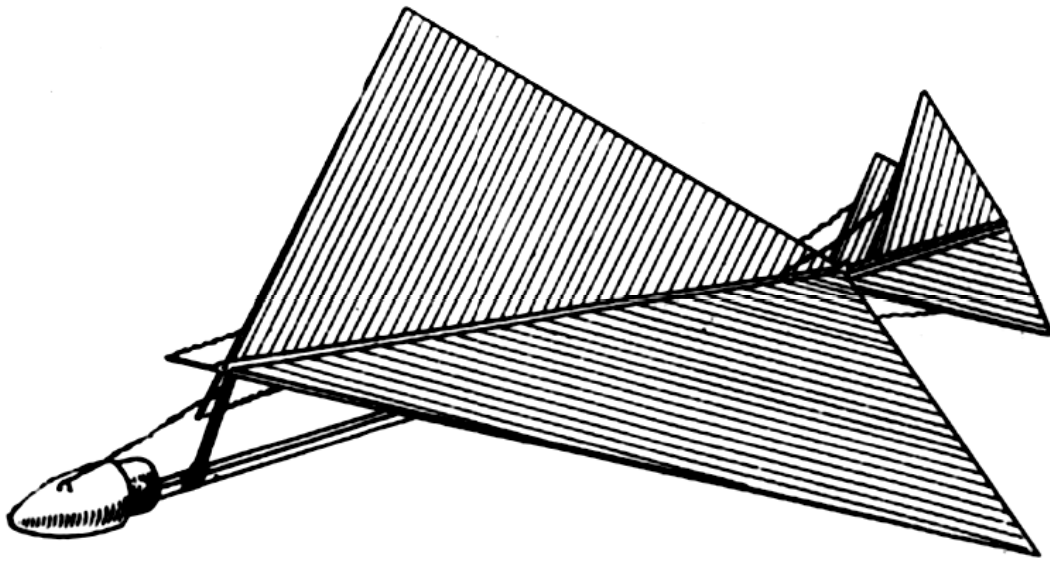


Рис. 38. Загальний вигляд моделі ракетоплана з м'якими крилами.

Хвостова частина являє собою розкладне (веерного типу) хвостове оперення, що складається з трикутних стабілізатора й кіля, напнутих довговолонистим папером. Стабілізатор і кіль при планіруванні тримаються в розкритому положенні гумовими тягами. В стартовому положенні, знаходячись всередині ракети, вони стиснуті стінками рурки-корпуса, а після порохового спалаху, викинуті з корпусу, одразу розкриваються.

Крило також складне, в плані має форму рівнобедреного трикутника або скоріше неправильного ромба. На противагу хвостовому оперенню, яке розташоване безпосередньо на фюзеляжі, крило кріпиться на легенькому рухомому пілоні, що у складеному вигляді притикається до рейки-фюзеляжу, а в розкритому утворює по відношенню до стабілізатора кут атаки $10-12^\circ$, залежно від того, як туго напинаються крила. Несуча поверхня крила обмежена двома бамбуковими пружинами, що розводяться і напинаються також гумовими тягами, зображеними на рис. 39,а.

Крім розкриття крил та хвостового оперення, завдяки ще одній найбільш потужній тязі з подвійної гумової нитки піднімається передня стойка пілона, що фіксується у верхньому положенні, притиснувшись до упору. Через це крило підіймається над фюзеляжем на кілька сантиметрів, утворюючи кут атаки, про який ми вже говорили, і водночас віддаляючись від основного вантажу, завдяки чому

значно кращає бічна остійність моделі при планіруванні (рис. 40).

Якщо механічна частина (шарніри, тяги) зроблена якісно, модель ніколи не підведе. Розкрившись внаслідок викидання пороховим спалахом, вона одразу переходить на планірування і навіть при дужих поривах вітру не втрачає остійності.

Виготовлення моделі ракетоплана багато в чому зрозуміле з наведених рисунків.

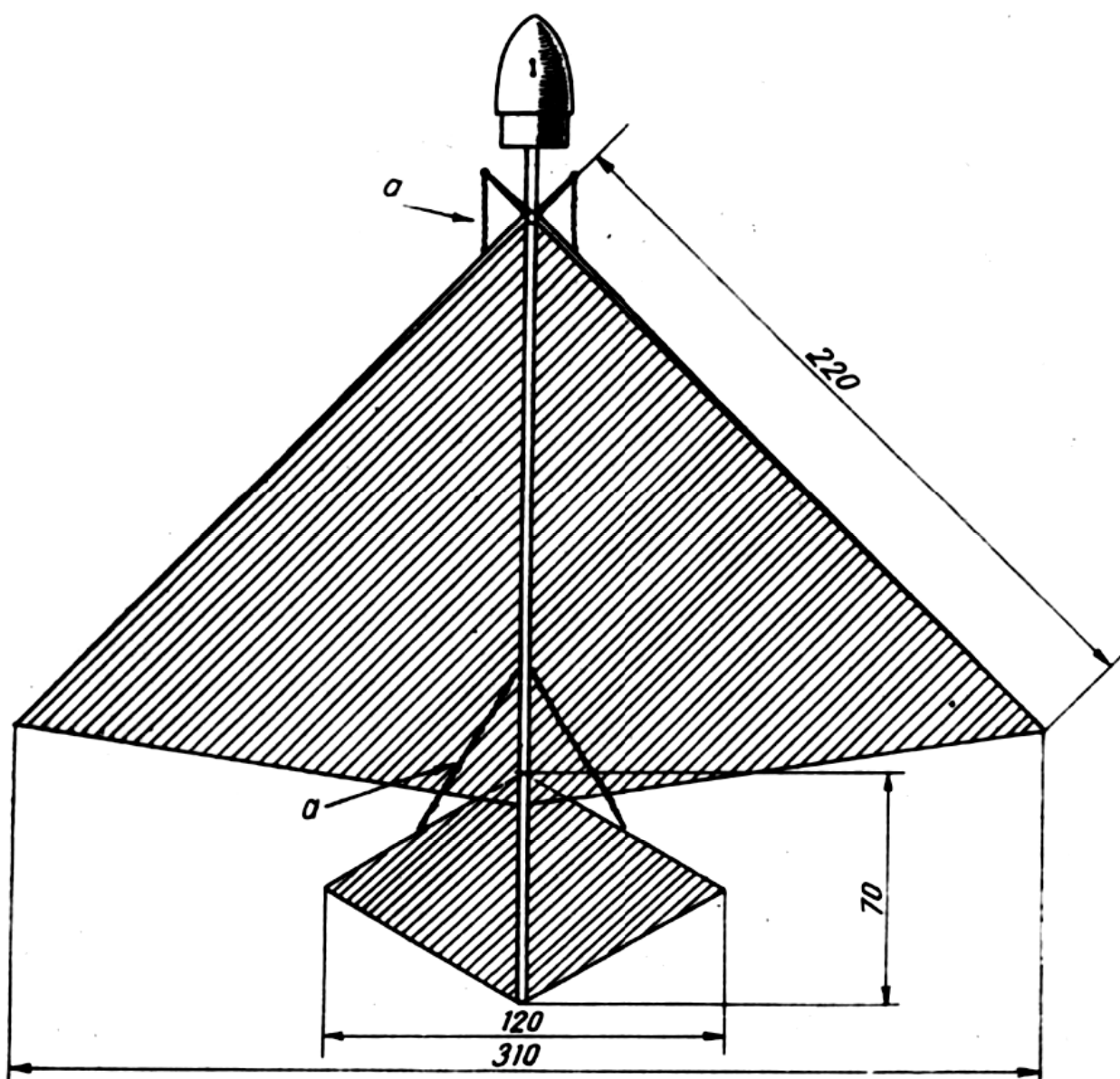


Рис. 39. Креслення моделі ракетоплана (вигляд зверху): а) гумові тяги, що розкривають крила та стабілізатор.

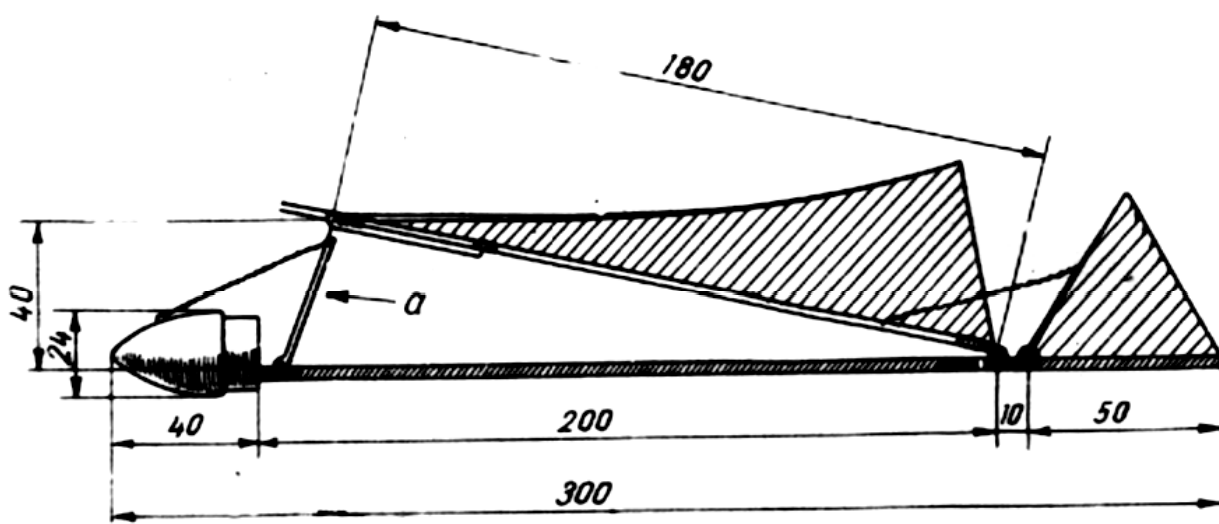


Рис. 40. Креслення моделі ракетоплана (вигляд збоку): а) підйомна стойка пілона.

При заготовці металевих деталей особливу увагу зверніть на дюралеві вушка, що правлять за шарніри для бамбукових пругів стабілізатора, крила та кіля. Точні їх розміри подані на рис. 41, а, б, в, г. Виріжемо їх ножицями з 0,75-мм дюралю, а потім обробимо до точних розмірів маленьким напилком (надфілем), затиснувши пруги в настільні лещата. Отвори найліпше проколоти гострим шилом ще тоді, коли деталь обкреслена на матеріалі по контуру. Завдяки цьому ймовірність пошкоджень (розривів країв отвору) буде найменша.

Для прив'язування гумових тяг до фюзеляжу з міцних капронових ниток зробіть петлі, кінці яких потім примотайте катушковими нитками з клеєм до фюзеляжу. Передню гумову тягу стойки пілона кріплять до дрітної скобки, яку, змастивши клеєм БФ-2, забивають в обтічник, коли останній виготовляють з бальзи. Якщо ж обтічник буде з пінопласту та ще й м'яких сортів, дрітiane вушко зробіть подовженим і основу його примотайте до дерев'яної рейки (фюзеляжу), що проходить всередині обтічника. Сам обтічник тоді доведеться кріпити в останню чергу, виготовивши його з двох половинок із рівчаком посередині для рейки-фюзеляжу. Шарнірне приєднання центральної нервюри крила до фюзеляжу біля його хвостової частини роблять за допомогою двох вушок та підшипників. Так само кріплять шарнірно й передню стойку пілона (рис. 40,а),

Обклеюють модель у такий спосіб: коли ракетоплан буде зібрано, прив'язують гумові тяги і нетовстими катушковими нитками притягують кінці бамбукових пругів до фюзеляжу або центральної нервюри на потрібні кути для подальшого обклеювання. Коли всі довжини ниток будуть відрегульовані і модель матиме вигляд, зображений на рис. 39 (тільки ще без обтяжки), починають обклеювати всі несучі та стабілізуючі поверхні.

Довговолокнистий папір бажано наклеювати волоконця-

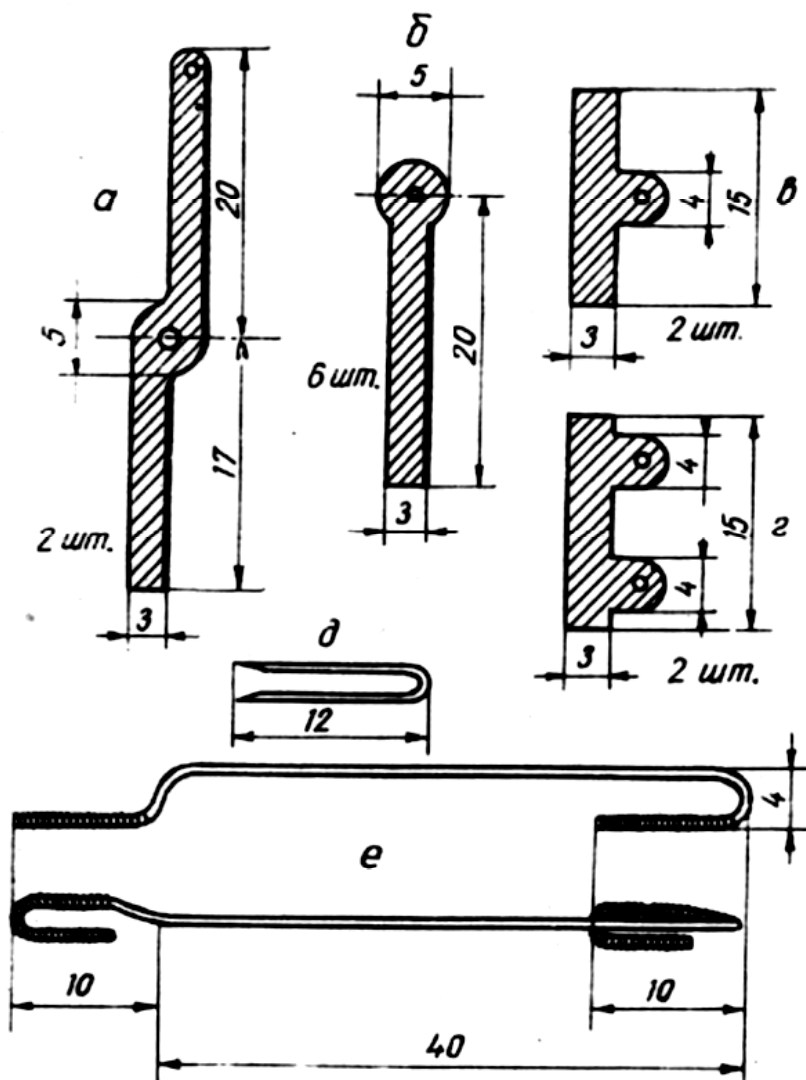


Рис. 41. Металеві деталі ракетоплана: а) вушка з подовженнями для механізму розкриття крил; б) вушка без подовжень для інших шарнірних кріплень; в) стойка підшипника, одинарна; г) стойка підшипника, подвійна; д) дротяна скобка; е) напрямна для підйомної стойки пілона.

ми в напрямку польоту. Тоді модель краще складатиметься (змінатиметься), хоч ми дещо втрачаємо при цьому в міцності покриття, бо, як відомо, довговолокнистий папір значно легше рветься впродовж волоконця, аніж уперек. Котушкові нитки, попередньо прив'язані для регулювання кутів відхилення пругів, після обклеювання зрізають. Довговолокнистий папір, щоб модель мала привабливий вигляд, треба заздалегідь пофарбувати в яскраві кольори — червоний, блакитний або жовтогарячий.

Обклеївши крило, на його напнутій поверхні напишіть акварельною фарбою рік виготовлення та емблему команди.

Перевіряти на планірування ракетоплан треба, як і будь-яку модель планера. В розкритому стані з висоти піднятої руки несильно штовхаємо його, випускаючи у політ. Найчастіше, звичайно, доведеться довантажувати носову частину, адже носовий обтічник досить легкий. Для цього шматок свинцю прив'язують проклеєними нитками до рейки-фюзеляжу або вмонтовують в обтічник. Кут планірування моделі ракетоплана повинен становити приблизно $15\text{--}20^\circ$ до горизонту. Якщо модель під час польоту робить невеликий віраж — не виправляйте його. Під час запуску така модель кружлятиме в повітрі і далеко не залетить.

Після того як модель перевірена на нормальні запуски, випробовуємо її на запуски з різким викиданням у складеному стані. Для цього виберіть якесь підвищене місце і з нього викиньте модель різким поштовхом, зібравши її повністю в руку, тобто у складеному вигляді.

Модель одразу повинна розкритись і з пікірування піти в планіруючий політ. Якщо ракетоплан спершу починає «клювати», тобто кабрирує, а потім поступово вирівнюється, не поспішайте довантажувати носову частину. Кут планірування може при цьому різко збільшитись, а наше завдання — якнайдовше протримати модель у повітрі.

Закінчивши роботу над ракетопланом, перейдемо до виготовлення корпусу ракети. Довжина корпусу моделі ракетоплана значно більша, ніж у звичайної моделі ракети, — 380 мм, діаметр теж трохи більший — на 1—1,5 мм.

Щоб виготовити рурку-корпус такого діаметра, її накручують не на зроблений раніше шаблон діаметром 22 мм, а на попередньо виклеєний на цьому шаблоні корпус звичайної ракети. У такий спосіб ми й досягнемо бажаного діаметра.

Після висихання рурку-корпус ракетоплана знімають з корпусу звичайної ракети, і в її нижню частину вклеюють короткий 70-мм патрубок звичайного стандартного корпусу. Тут буде вміщуватись ракетний двигун, до цієї ж частини зовні приклеюватимуться стабілізатори. Останні найліпше виклеїти з 3—4 шарів креслярського паперу і встановити на місця, приклеївши за відігнуті закраїни.

Напрямні кільця кріплять до товщої частини фюзеляжу. По внутрішньому діаметру цієї ж потовщеної частини підганяють і пиж, який повинен найменше пропускати розжарених газів, щоб, бува, не припалити стабілізатор і кіль, а іноді й крила.

Виготовлений нами ракетоплан піднімається на висоту 100—120 м і, розкрившись, планірує 1,5—2 хв.

МОДЕЛЬ РАКЕТОПЛАНУ ТИПУ «КАЧКА»

Ракетоплан, зображений на рис. 42, юні ракетомоделісти Броварської восьмирічної школи № 3, де вже шість років працює авіаракетомодельний гурток, виготовили за кресленням, розробленим юними ракетомоделістами Московської обласної станції юних техніків.

Однак у процесі виготовлення модель зазнала змін. По-перше, за положенням київських обласних ракетомодельних змагань ракетоплани повинні стартувати лише з одним ступенем ракетних двигунів. Через це довелося зняти два ступеня, бо московський ракетоплан був триступеневий. По-друге, модель довелося пристосувати заради спрощення технології до звичайних форм і випробуваних шаблонів. Отже, й розмірами ракетоплан менший. Змінені також деякі конструктивні вузли та матеріали.

Погляньте, як оригінально задумана конструктивна схема ракетоплана (рис. 43). Модель у складеному вигляді майже вдвічі менша. Глядачі, що були присутні при перших випробувальних запусках, дивувались, як така велика модель, що повільно планувала з висоти, вміщувалась у невелику рурку-корпус, і, коли збагнули, як це робиться, були в захваті.

Планер, або система несучих і стабілізуючих поверхонь моделі, складається з двох трикутних м'яких поверхонь, роз-

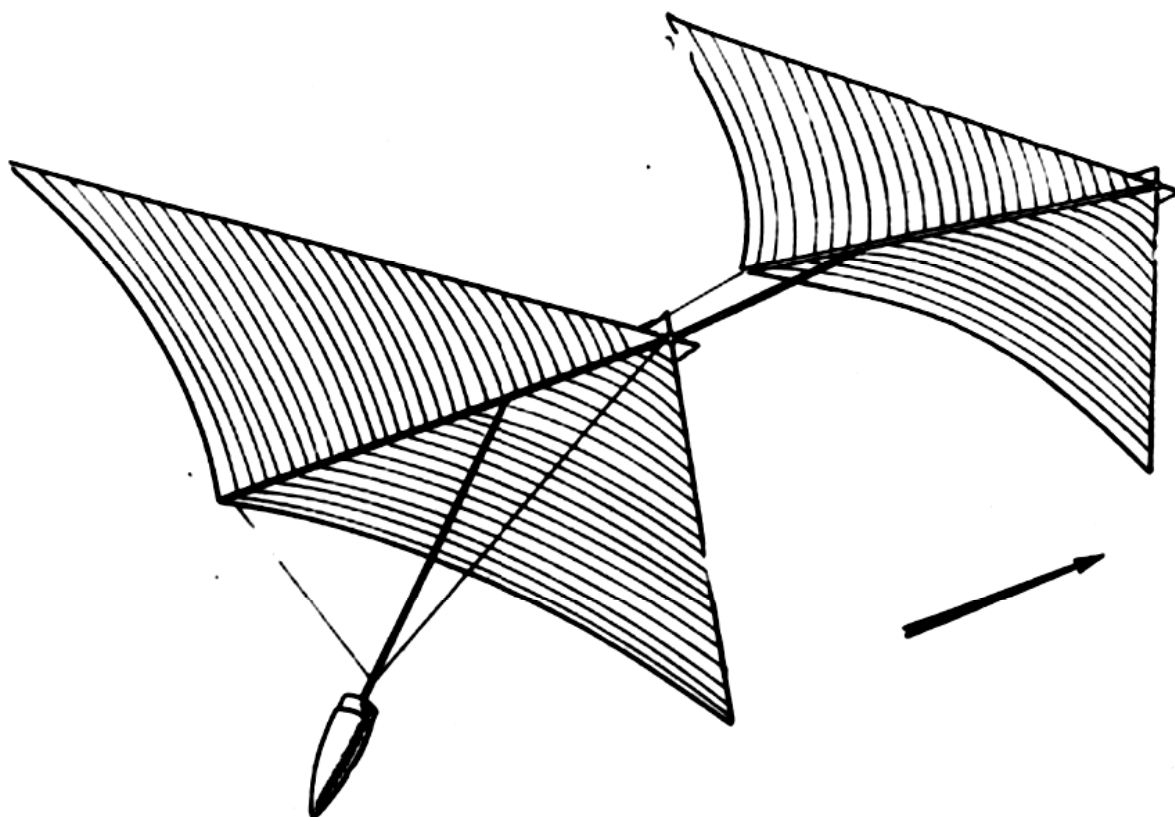


Рис. 42. Модель ракетоплана типу «Качка» (загальний вигляд).

ташованих за класичною схемою моделі «Качка», тобто крило розташоване позаду, а стабілізатор, що має позитивний по відношенню до крила кут деградації, винесений уперед.

Фюзеляжу в повному значенні цього слова модель не має. За нього править невеликий з'єднувальний кронштейн, що кріпиться до обох крил на шарнірах і фіксується в певному положенні за допомогою липових клиночків та гумових тяг.

Дуже вдало в цій моделі вирішене питання розміщення вантажу. Відомо, що на поперечну остійність польоту планера надто впливає розташування вантажу по відношенню до крила по висоті. В описуваному ракетоплані основний вантаж — обтічник ракети — в момент розкриття стає перпендикулярним до площини крила і спрямований просто вниз. Допомагає цьому виносний кронштейн, що кріпиться на шарнірі до центральної нервюри крила, гумової тяги та обмежника з міцної нитки. Для лобового опору це істотного значення не має, бо ракетоплан при зниженні рухається дуже повільно — «пливе».



Отже, великі за площею несучі та стабілізуючі поверхні, добра остійність і мінімальна вага створили умови для тривалого польоту моделі по 3 хв, і більше навіть без будь-яких висхідних повітряних потоків.

Варто було б для цієї моделі зробити пристосування для примусового припинення планірування після трьох хвилин польоту, як це робиться на спортивних авіаційних моделях, щоб вона не залетіла кудись під час змагань після першого ж запуску.

Виготовити сам ракетоплан не важче за звичайну схематичну модель. Обидві центрові або осьові нервюри несучих поверхонь (рис. 44, в, г,) роблять із соснової або липової

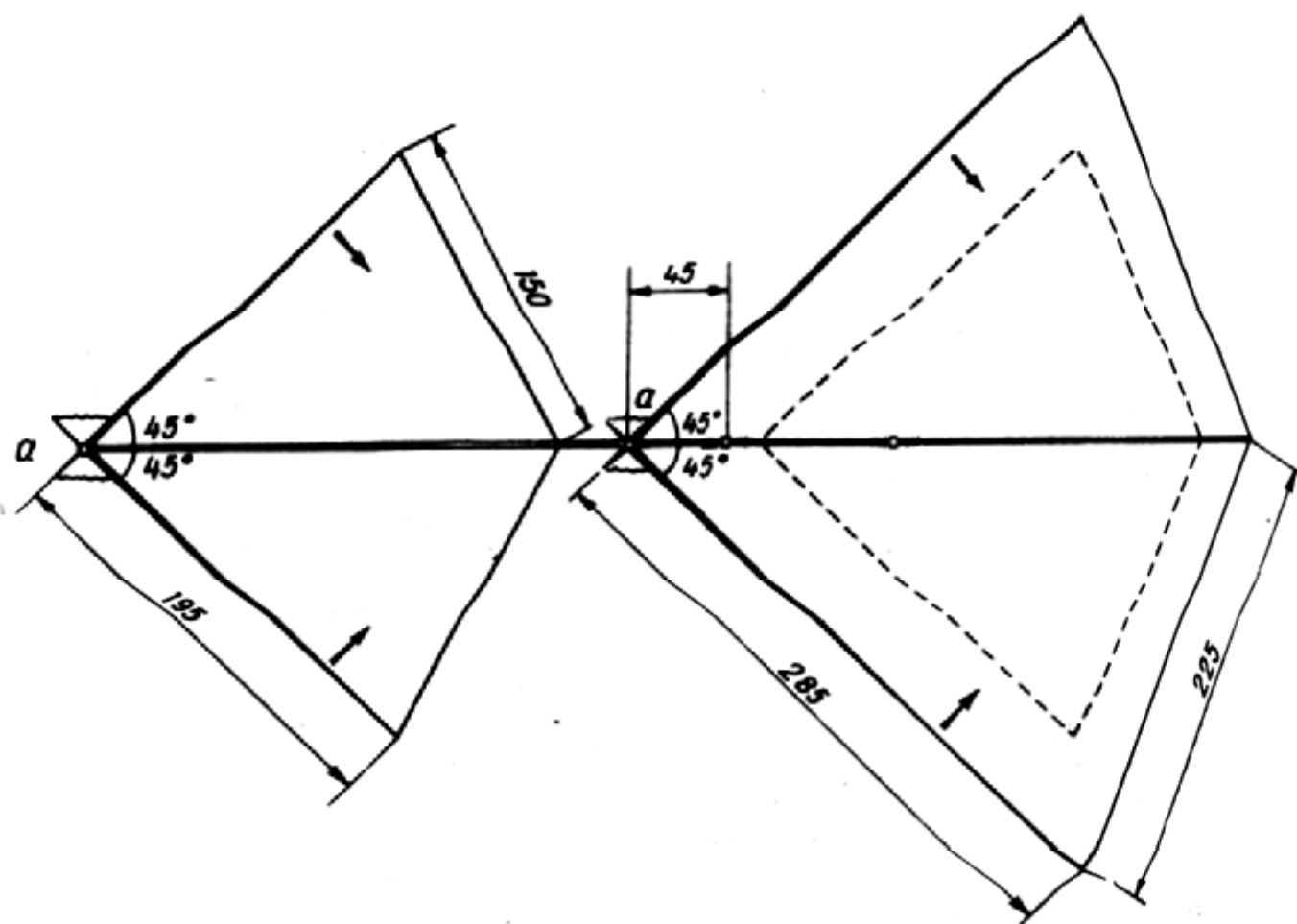


Рис. 43. Модель ракетоплана типу «Качка» (креслення в плані); а) механізм розкриття крила й стабілізатора.

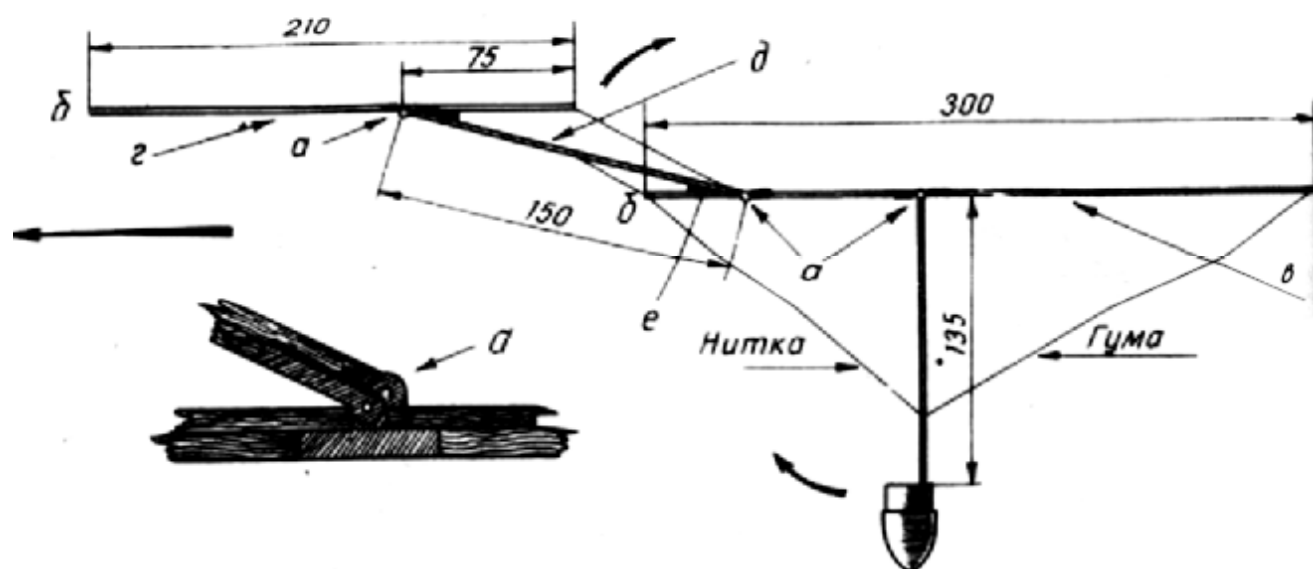


Рис. 44. Модель ракетоплана типу «Качка» (вигляд збоку): а) вузли шарнірних кріплень; б) місця кріплень механізмів розкриття крила й стабілізатора; в) центрова нервюра крила; г) центрова нервюра стабілізатора; д) з'єднувальний кронштейн; е) липовий кутничок-обмежник.

рейки розміром 3×2 мм так само, як і з'єднувальний та вносни кронштейн (рис. 44, д). Бічні пруги крила та стабілізатора на цій моделі вирізують з бамбука. Біля шарнірів (вершина кута) вони мають переріз 2×2 мм, а біля кінців — 1×1 мм.

Механізм розкриття крил застосовано такий самий, як і в описуваному раніше ракетоплані, тобто вушка з продовженнями, що перехрещуються. Гумові тяги по обох боках забезпечують надійне розкриття і напінання несучих поверхонь. Вушка з продовженнями випилюють з 1-мм дюралюмінію і з'єднують заклепками з шайбами. Загальний вигляд цього конструктивного вузла поданий на рис. 45,б.

Обтягують ракетоплан довговолокнистим папером так само, як і попередній.

Корпус ракети-носія ракетоплана порівняно з корпусами звичайних ракет має збільшені габарити, а саме: як і в описуваному раніше ракетоплані, рурку-корпус роблять на вже виготовленому корпусі стандартної ракети із зниженням на парашуті або на шаблоні діаметром 23—24 мм. Так само внизу приклеюють стандартного діаметра патрубок для вміщення ракетного двигуна.

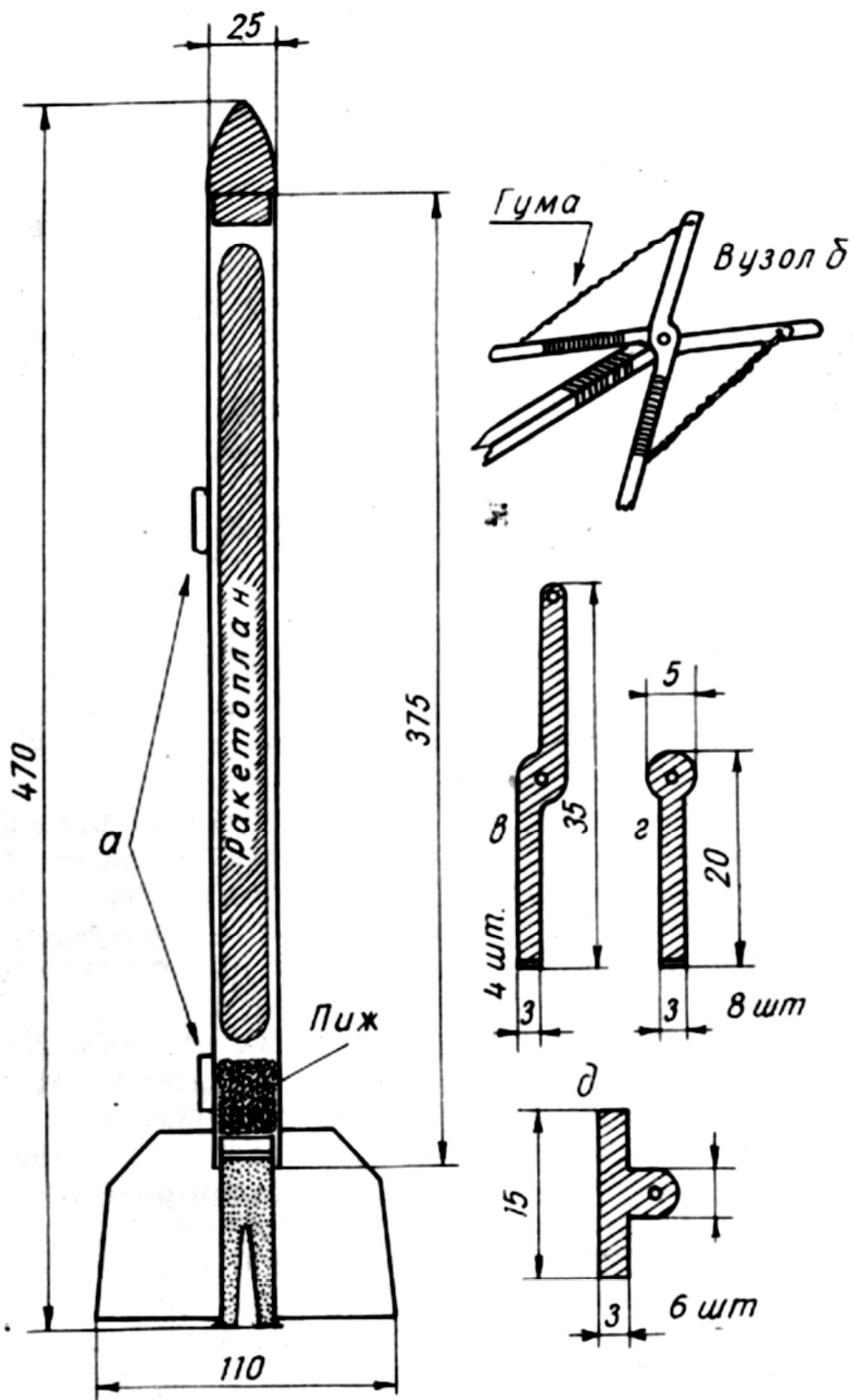


Рис. 45. Креслення ракети-носія для обох ракетопланів.

Стабілізаторів може бути три або чотири довільної конструкції та форми. Загальна площа їх повинна бути не менша за $0,8 \text{ м}^2$.

Не забудьте, що діаметр пижа треба підганяти по збільшеному діаметрові рурки-корпуса. Інакше розпечені гази прориватимуться у відсік, де розміщений ракетоплан.

На планірування ракетоплан перевіряють так само, як і попередній, тільки центровку в цій моделі змінюють не більшим чи меншим навантаженням носової частини (звичайно, можна регулювати і в такий спосіб), а зміною кута нахилу виносного кронштейна з вантажем-обтічником на кінці. Що менший кут по відношенню до осьової нервюри матиме виносний кронштейн, то більша буде передня центровка у моделі. Це досягається скороченням чи подовженням нитки обмежника, що з'єднує кінці виносного кронштейна з передньою частиною більшого крила.

МОДЕЛЬ РАКЕТИ З ПНЕВМОГІДРАВЛІЧНИМ ДВИГУНОМ

Описувана модель — рідна посестра іграшок, які часто густо можна зустріти на полицях іграшкових крамниць. Целулоїдний балончик з стабілізаторами, що формою нагадує космічний корабель, і невеличкий насос — от і весь пристрій. В балончик-ракету наливають до половини води, надівають її соплом на насос, накачують повітря, і, виприскуючи тоненьку цівку води, маленька ракета злітає вгору на 15—20 м.

Як бачите, принцип дії іграшки дуже простий. Наша ракета (рис. 46) використовує такий самий принцип, але дещо складніша, більша за розмірами й потужніша.

Тиск повітря, що приводить у дію пневмогідрравлічний двигун, сягає 5 атмосфер. Повітря в балон ракетного двигуна накачують досить потужним автомобільним насосом.

Модель має спеціальний автоматичний пристрій для викидання парашута в верхній точці підйому. Сам парашут уже не паперовий, а з справжнього парашутного шовку, та й стартовий пристрій моделі не простий штир, а більш-менш складна установка з геометричним приєднанням накачувального шланга до сопла ракетного двигуна і дистанційним запуском.

Технологія виготовлення моделі ракети з пневмогідролічним двигуном складніша за технологію виготовлення моделей ракет з двигунами на твердому паливі. Злітає така модель угору на 60—70 м.

Модель, окрім того, має великі переваги перед іншими видами. По-перше, її можна використовувати багато разів. По-друге, для неї не потрібен дорогий двигун на твердому паливі. За «пальне» для неї править звичайна вода, яку ракетомоделіст, виступаючи на змаганнях, зможе роздобути в будь-якому струмку, під першим-ліпшим водогінним краном.

Модель ракети з пневмогідролічним двигуном бере участь у розиграші особистої першості на кубок імені К. Е. Ціолковського. Броварські ракетомоделісти Євген Піндюра

і Сергій Васичко протягом кількох років виборювали першість з цього типу моделей ракет на київських обласних змаганнях, через що іменний приз — кубок імені Ціолковського — був присуджений авіаракетомодельному гуртку Броварського районного будинку піонерів назавжди.

Розглянемо будову та конструктивні особливості описуваної моделі (рис. 47).

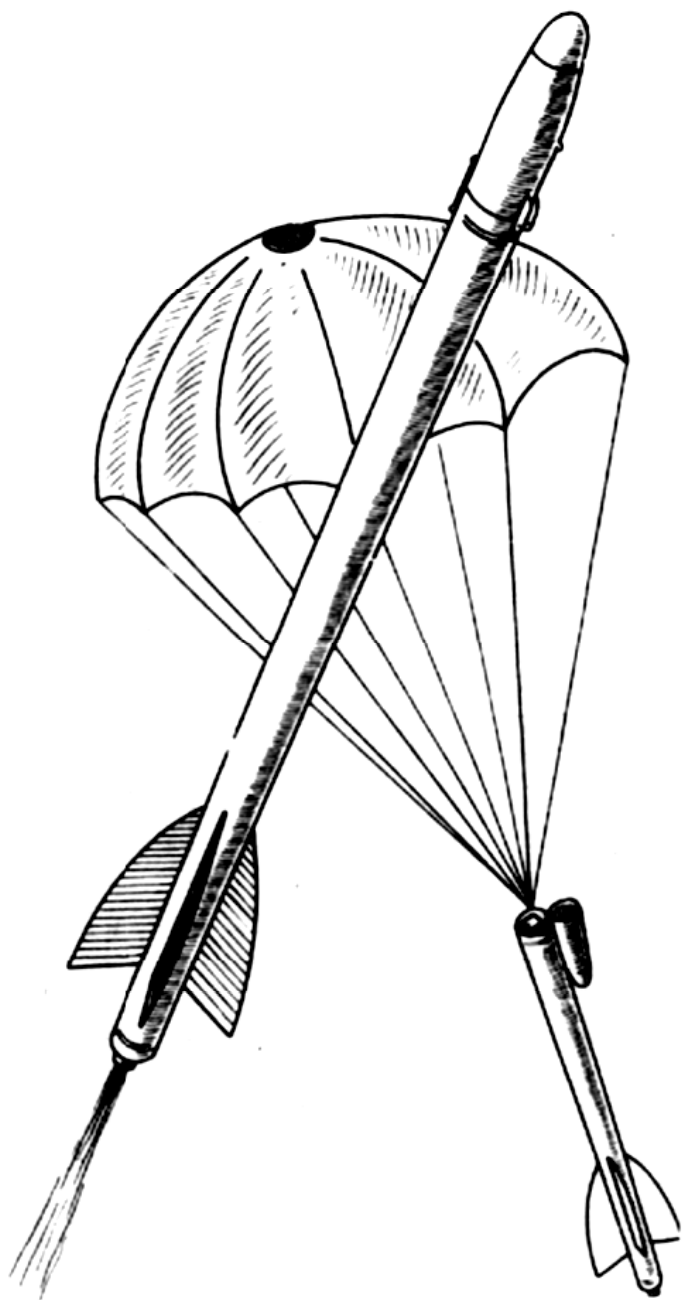


Рис. 46. Модель пневмогідролічної ракети у польоті.

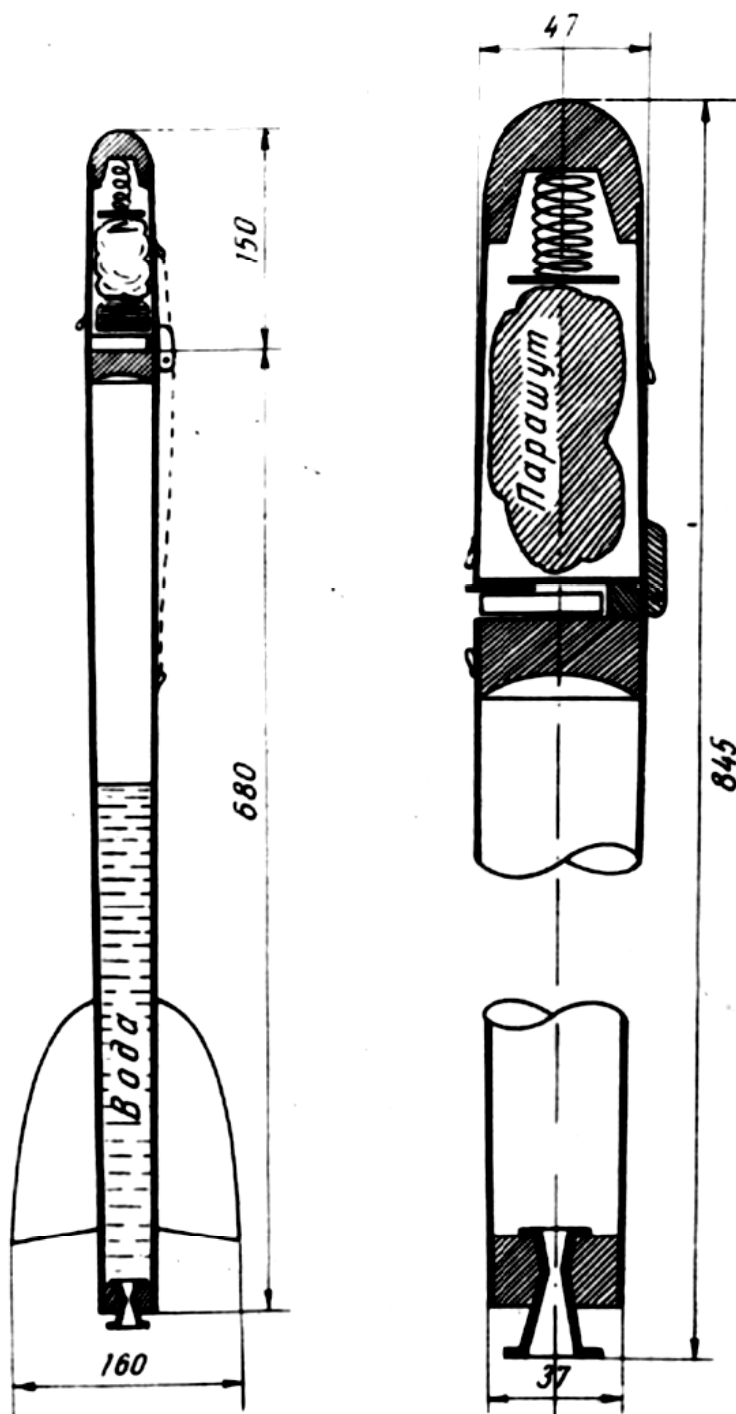


Рис. 47. Внутрішня будова моделі пневмогідравлічної ракети.

Основу пневмогідравлічної ракети становить геометричний корпус, склеєний з 1-мм авіамодельного дикту, у гарячому розпареному вигляді нагорнутого на шаблон. Зверху і знизу внутрішню порожнину балона обмежують липовими заглушками, приклеєними густим емалітом. У нижню заглушку вмонтоване дюралеве сопло, що герметично з'єднується за допомогою спеціального замка з патрубком накачувального шланга.

Для надання ракеті стійкості в польоті у нижній частині розміщено стабілізатори з 1-мм дикту, а в верхній — відкидний обтічник, у якому вміщено парашут та спеціальний пристрій, що викидає цей парашут у точно визначений час.

Досить копіткої роботи вимагає стартовий пристрій, осо-

бливо його замок. Та коли він зроблений якісно, дія його порівняно з іншими конструкціями дає багато переваг. Ос-

кільки пневмогідравлічний двигун починає працювати зразу на всю потужність, початкове прискорення настільки велике, що ракеті не потрібен штир або інші напрямні пристосування для точного дотримання траєкторії.

З матеріалів для виготовлення моделі особливо цінним є тришаровий 1-мм авіамодельний дикт, якого треба шмат розміром 700×150 мм з повздовжнім розташуванням зовнішніх шарів. Решту матеріалів роздобути легше. Це липові бруски, катушкові нитки, емаліт, дюраль різної товщини та профілю.

Для виготовлення парашута роздобудьте тонкий, краще парашутний шовк, а для механізму уповільнення дії розкриття парашута придбайте в магазині фототоварів звичайний фотоспуск (пристрій для самозйомки).

Через те що деякі матеріали дефіцитні й зіпсувати їх при неувважному відношенні легко, а придбати потім важко, особливо старанно розберіться в описах та рисунках, щоб мати добре уявлення про всі процеси обробки та їх послідовність.

Виготовлення корпусу ракети

Для скручування корпусу, тобто циліндричних стінок балона, потрібен шаблон, який ми виточимо на токарному верстаті.

Шаблон має бути виточений на конус. Це треба не тільки для легшого знімання склеєної диктової рурки після її висихання — цього вимагає й сама конструкція ракети. Розширення в верхній частині балона збільшує об'єм обтічника, в якому повинен уміститись парашут, а також вимагається розмірами таймера-фотоспуску, який повинен у певний момент відкрити обтічник для викидання парашута.

Верхній діаметр шаблону становить 45 мм, нижній — 35 мм. Заготовку дикту зазначеної на рис. 48, а форми та розмірів обробляють по довгих сторонах «на вус» для подальшого склеювання і розпарюють в окропі. З одним або двома помічниками розпарену заготовку з силою обкручують навколо шаблону й туго примотують міцним шпагатом або стрічковою авіамодельною гумою. Накручений на шаблон дикт має повністю висохнути.

Тим часом виріжемо або виточимо липові заглушки. Придивившись уважно до рис. 48, б, г, ми побачимо, що зовнішні

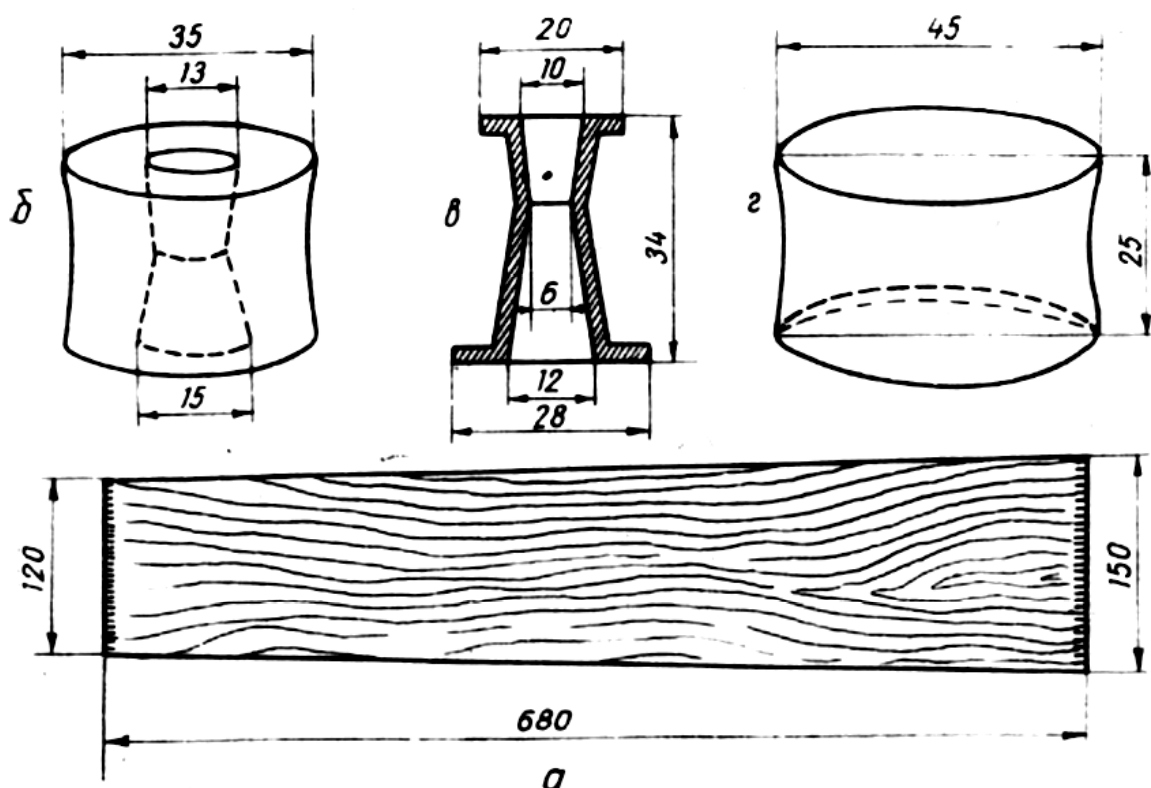


Рис. 48. Деталі корпусу: а) заготовка з 1-мм дикту для стінок балона; б) нижня липова заглушка; в) дюралеве сопло в розрізі; г) верхня липова заглушка.

циліндричні стінки заглушок посередині трохи вгнуті. Це робиться для того, щоб зміцнити з'єднання з диктовою руркою-корпусом. Внутрішня вгнутість верхньої заглушки зроблена для полегшення, а у нижньої заглушки центрова двоко- нусна порожнина робиться для вміщення дюралевого сопла. Щоб зробити останню, треба нижню заглушку розпиляти вздовж по осі симетрії, а потім вирізувати напівконуси звичайним авіамодельним ножом з подальшою обробкою на- півкруглим напилком.

Як правило, це роблять після того, коли виточать дюра- леве сопло, розміри якого подані на рис. 48, в, бо по готово- му соплу краще буде припасовувати отвір. Таким чином, для збирання балона ми повинні виготовити три деталі: верхню заглушку, нижню заглушку з вмонтованим соплом та дикто- ву рурку, яку треба не тільки склеїти по шву, а й зміцнити, щоб запобігти розриву під високим тиском зсередини.

Для склеювання нагорнутої на шаблон і висушеної дикто- вої заготовки використовуємо густий емаліт. Зведений «на вус»

край дикту спершу треба чимось подрятати і, густо змастивши емалітом, дати висохнути. Перед склеюванням знов густо змащуємо емалітом обидві поверхні майбутнього шва і, надівши на шаблон, обгорнутий в 1—2 шари газетним папером, обмотуємо густо і туго авіамодельною гумою чи міцною шворкою.

Продержавши рурку в теплі протягом доби, обчищаємо натюки клею шкуркою та напилком і двічі змащуємо зсередини густим емалітом. Відтак припасовуємо верхню та нижню заглушки, попередньо вставивши в нижню сопло.

Вставляють сопло в нижню заглушку так: зовнішню поверхню виточеного сопла змащують клеєм БФ-2 та обмотують шаром катушкових ниток і знов два-три рази промащують клеєм. Дві половинки нижньої заглушки, розпиляної вздовж, з вирізаними порожнинами для сопла також кілька разів вкривають густим емалітом, не даючи до кінця висохнути попередньому шарові, щоб утворився розм'яклий целулоїд, який в'язкістю нагадує пасту. Тоді вкладаємо в порожнину сопло і затискуємо обидві половинки заглушки в лещатах або обмотуємо авіамодельною гумою доти, поки з щілин не почне виступати напівтвердий целулоїд. У такому положенні треба дати заглушці добре висохнути.

Тепер будемо приєднувати верхню й нижню заглушки до диктової рурки-корпуса. Для цього верхній та нижній зрізи останньої треба приготувати. Як показано на рис. 48, а, верхній і нижній зрізи рурки розпилюємо лобзиком на ряд паралельних розрізів завдовжки по 15 мм на відстані 7—8 мм один від одного. Потім, змастивши рурку зсередини на глибину 20—25 мм, а заглушку по зовнішньому краю густим емалітом, вставляємо заглушки на місця і примотуємо товстим шаром гуми, щоб вона витиснула з щілин лишки напівтвердого целулоїду.

У такому вигляді балон треба лишити на 2—3 доби, а потім, знявши гуму, на її місце туго намотати в два шари катушкові нитки № 10 або капронові та проемалітити.

Перш ніж утворений балон випробувати на міцність, закріплюють шов 8—10 шарами довговолокнутого паперу з поперечним розташуванням волоконець, щоразу густо проемалічуючи їх. Потім весь балон двічі або тричі обмотують проемаліченою стрічкою довговолокнутого паперу завширшки 15—20 мм. Коли після цього балон добре просохне (на

це потрібно не менше тижня), його випробовують на герметичність під тиском.

Випробування балона на герметичність під тиском проводять у зануреному стані. На це потрібен замок для приєднання накачувального шланга, опис якого подається далі. Балон з приєднаним шлангом від автомобільного насоса занурюємо в ночви або ванну і накачуємо доти, аж поки на ручці насоса відчуємо опір стисненого повітря, що дорівнюватиме приблизно 30—35 кг.

В цей час оглядаємо балон, чи не пропускає він повітря. Особливо треба звернути увагу на місце приєднання сопла до нижньої заглушки, простежити, чи не проходить повітря вздовж по шву рурки-корпуса та по лініях її з'єднання з липовими заглушками.

Під час накачування балона руками його брати не можна. Треба пам'ятати, що на кожний квадратний сантиметр поверхні балона зсередини тисне сила, яка дорівнює близько 5 кг і може спричинити розрив. Тому не рекомендується наближатися до нього ближче ніж на 1,5—2 м. Щоправда, розрив балона подібної конструкції не зробить великої шкоди. При розриві найчастіше лопається шов. Супроводжується це оглушливим звуком та зливою води, що обдає випробувача, але зайва обережність не зашкодить.

Після випробування балона-корпуса на міцність монтуємо на ньому стабілізатори, зображені на рис. 49, і беремось до виготовлення інших деталей ракети.

Виготовлення обтічника та стартового пристрою

Обтічник виготовляють з розмоченого в окропі 1-мм дикту на потовщеній частині того самого шаблона. Технологія не різниться від уже описаної. Передню бобишку обтічника виточують з липи. Щоб не перевантажити конструкції, стінки робіть завтовшки 7—8 мм. Акуратно вклеївши бобишку в диктову рурку (вклеювати треба в звужену частину), зачищаємо її напилком і шкуркою й припасовуємо вушка шарнірів та центрову виштовхуючу пружину. Ці металеві деталі з розмірами в загальному вигляді показані на рис. 50.

Центрова виштовхуюча пружина має на кінці диктову платформу, виготовлену з 2-мм дикту. До платформи та до

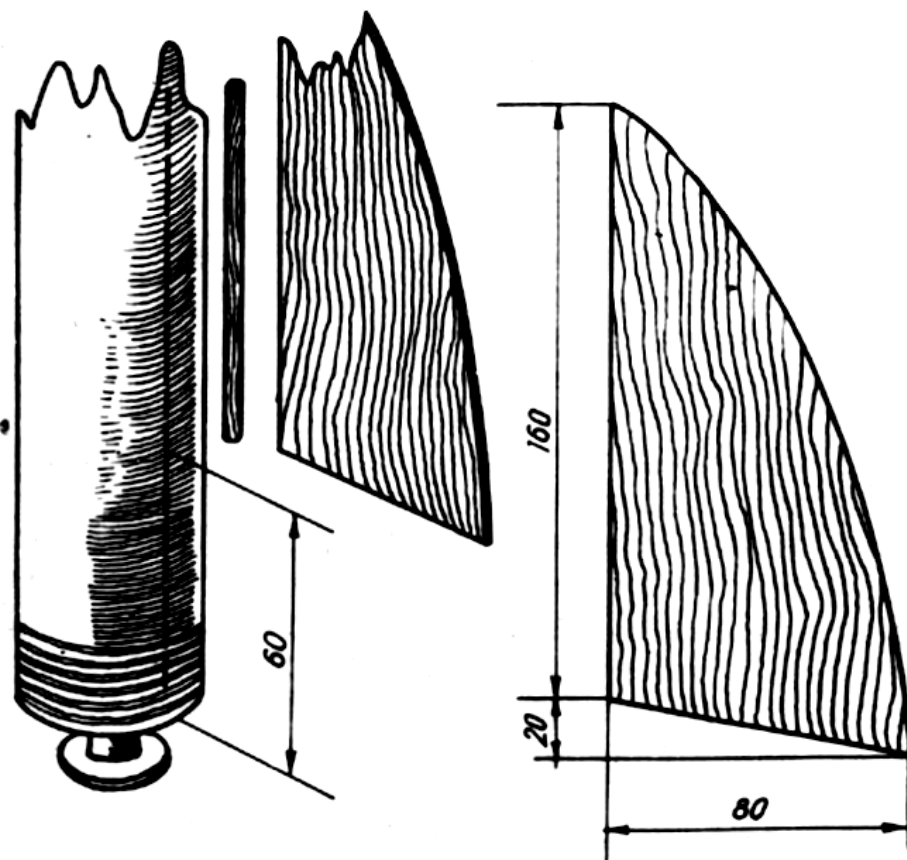


Рис. 49. Виготовлення та приєднання стабілізаторів.

дна обтічника пружину приклеюють кільцями, обмотаними катушковими нитками. Якщо приклейка не буде міцно триматись за ці кружальця, металеві кільця можна закріпити нитками, просиливши їх у зроблені отвори, або прибити невеликими цвяхами.

Тепер приєднуватимемо обтічник до верхньої частини корпусу ракети. Для цього за рис. 50 невеликою стамескою видовбуємо у верхній липовій заглибці корпусу гніздо для фотоспуску. Цей невеликий механізм має габарити 30—35 мм при товщині 8 мм. Припасувавши точно за розмірами фотоспуск, дбаємо, щоб кінець важеля фотоспуску, що під час його роботи повільно рухатиметься до упору, висовувався назовні на 2—3 мм. Це треба для того, щоб у певний момент він відхилив защіпку, яка тримає обтічник у вертикальному положенні.

Перед встановленням у гніздо фотоспуск звільняють від металевого футляра і знімають з нього зайві деталі. З дета-

лей, що виступають назовні, повинен лишитись тільки проградуїований диск та важіль на ньому, кінець якого, як ми вже казали, має виступати на 2—3 мм.

При роботі ракетного двигуна важіль фотоспуску, звільнений від чеки, дійде через кілька секунд до зачіпки й відхилить її. При цьому обтічник ракети (коли остання буде на висоті 50—60 м) різким рухом відкинеться назад під дією пружини, що намагається зсередини виштовхнути згорнутий парашут, та гумки, прив'язаної одним кінцем до середини балона-корпуса, а другим — до обтічника.

Чека, про яку ми вже згадували і яка приводить у дію фотоспуск,— це звичайна сталева дротина з вушком або товста голка. Її за нитку прив'язують до стартової платформи і вставляють у невеличку целулоїдну або жерстяну рурку, приклеєну біля зачіпки обтічника. Перед тим як вставити чеку в рурку, важіль фотоспуску заводиться і в заведеному стані спирається на кінець висунутої чеки. Як тільки ракета стартує, чека висмикується автоматично, і тої ж миті починає працювати таймер.

Парашут з розмірами купола та центрального отвору поданий на рис. 51. Дещо складнувато вирізати геометрично пра-

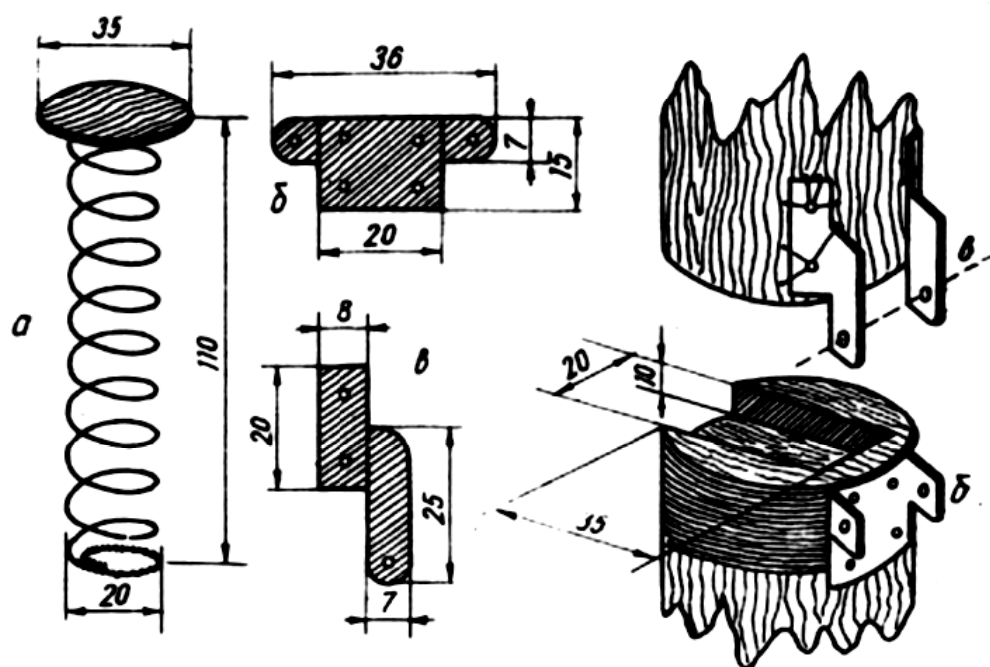


Рис. 50. Металеві деталі корпусу та обтічника: а) виштовхувальна пружина; б) вушка від корпусу ракети; в) вушка від обтічника.

ро-
ми

ль-
хи-
на
ією
гий
ба-

фо-
ста
и і
ри-
еку
ані
ар-
нає

да-
ра-

вильне коло купола парашута. Для цього треба вирізати викройку з цупкого паперу, а потім, наклеївши її на акуратно розгорнутий матеріал (тонкий, найліпше парашутний, шовк), обвести викройку по контуру м'яким олівцем і вирізати гострими ножицями.

Стропи парашута, їх вісім, найкраще виготовити з капронових ниток. На кінцях стропів при з'єднуванні з куполом роблять петлі діаметром 1—1,5 см, підшиваючи їх потім по краю підрубленого купола тонкими катушковими нитками. Зв'язавши у вузол нижні кінці стропів прив'язують до шурупа, вгвинченого збоку в верхню заглушку корпусу. Ніяких амортизаторів для з'єднання парашута з корпусом не треба.

Систему викидання парашута треба як слід відпрацювати. Для цього на кінець важеля таймера намотуємо з жерстяної або алюмінієвої стрічки невелике потовщення, що скорочує час від початку старту до розкриття парашута на 2 сек. Тоді, заклавши чеку в призначену для неї рурку, а другий кінець прив'язаної до неї нитки закріпивши до якогось предмета або просто тримаючи в лівій руці, підкидаємо модель прямо з рук так, щоб, коли парашут не розкриється, її можна було спіймати. Ракета підлітає вгору на 5—6 м і в найвищій точці підйому викидає парашут.

Якщо парашут не встиг розкритись — не біда. Головне, щоб вчасно й безвідмовно розкривався обтічник і згорнутий парашут викидався назовні. В умовах справжнього польоту з відстані набагато вищої він обов'язково розкриється.

Причин невчасного викидання парашута може бути кілька. Головна з них — неточно відрегульована відстань між початковим і кінцевим положеннями важеля фотоспуску, що повинен обертатись на 20—25° і проходити в прорізу відстань у 4—5 мм. При регулювальних запусках доведеться або переклеювати целулоїдну рурку для вміщення чеки, або згинати защіпку, щоб вона наблизилась чи віддалилась від важеля. В усіх випадках, роблячи защіпку, треба стежити, щоб вушка та кільця були якнайменшого діаметра без зайвого люфту. Тоді чека завжди матиме точне положення і затримок під час викидання парашута не буде.

Досить трудомісткою частиною нашої моделі є стартова платформа. Власне, це не платформа, а справжній стіл, — так називають стартові установки деяких типів сучасних ракет. Наш «стіл» складається з двох площин — нижньої з

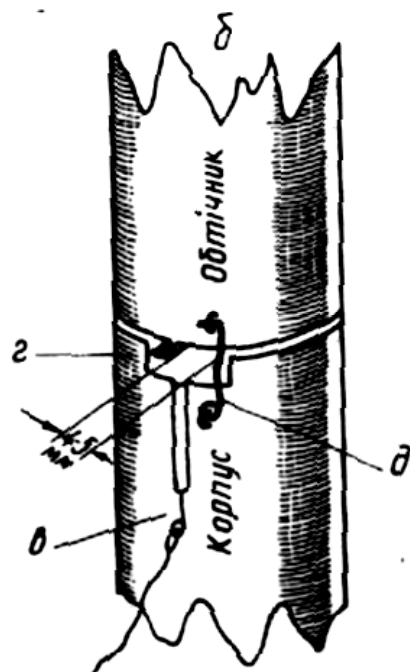
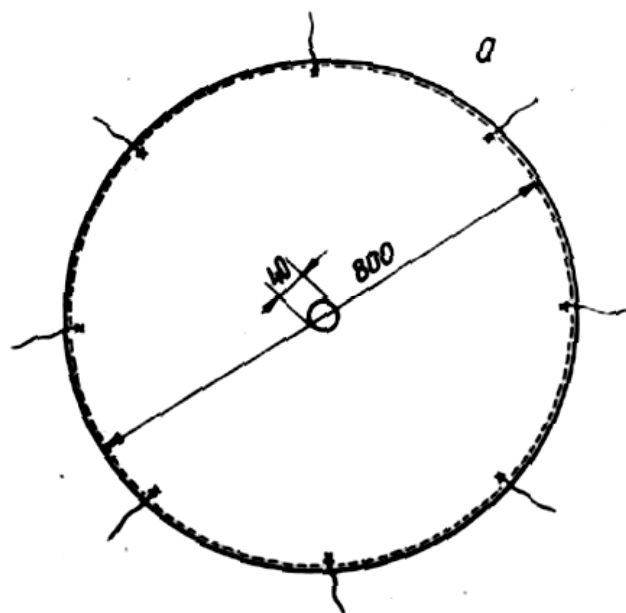


Рис. 51. Виготовлення парашута і встановлення таймера: а) купол парашута; б) схема дії автомата розкриття парашута; в) чека; г) важіль таймера; д) защіпка.

важелем чеки та отворами для стопоріння платформи на ґрунті й верхньої з замком, що забезпечує герметичне приєднання до сопла ракети.

Основою замка є хрестоподібна деталь (рис. 52, б), випиляна з 5-мм дюралюмінієвої пластинки за вказаними розмірами. Обробляють її в настільних лещатах за допомогою шліцьової пилки, невеликого плоского напилка та ручного дреля.

Чотири Г-подібні важелі (рис. 52, в) треба випилити з дюралю якомога точніше. Коротші кінці їх поки що залиште з припуском на 2—3 мм. Потім, коли вони будуть встановлені на місце, їх треба припасувати кожен окремо до закраїн сопла на однаковий кут відхилення.

Принцип дії нашого замка полягає в тому, що коли довші кінці стягнуті до середини кількома гумками, то нижні Г-подібні їх виступи передадуть разом цей тиск перпендикулярно до горизонтальної площини, тобто прямо вниз, з вирашем у силі в 4—5 разів. Якщо, скажімо, на кожний важіль гумова тяга даватиме зусилля в 1 кг, то разом чотири важелі притискатимуть сопло до гумової прокладки з силою в 20 кг, що забезпечить герметичність приєднання навіть при тисковій зсередини, більшому за 5 атмосфер.

Завдяки такій системі важелів дуже легко звільнити ракету. Досить зробити на одному з них два вушка або коротенький патрубок для чеки і потім кінці гумових петель при обкручуванні навколо важелів надіти на чеку. При висмикуванні останньої вниз, що робиться через спеціальний важіль на нижній платформі, всі чотири важелі верхньої платформи звільняються одночасно.

Старт за вимогами стартових правил можна робити за нитку, прив'язану до нижнього важеля, з відстані 10 м. Але практично з моделями даної конструкції в цьому немає потреби, отже, якщо дозволять судді, можна обмежитись відстанню вдвічі меншою.

При виготовленні стартової платформи (рис. 53) верхню та нижню площини випиляйте з багат шарової фанери за товщини 10 мм, фігурні кутові підставки — з липи. Решту деталей виготовляють з дюралюмінію або м'якого заліза.

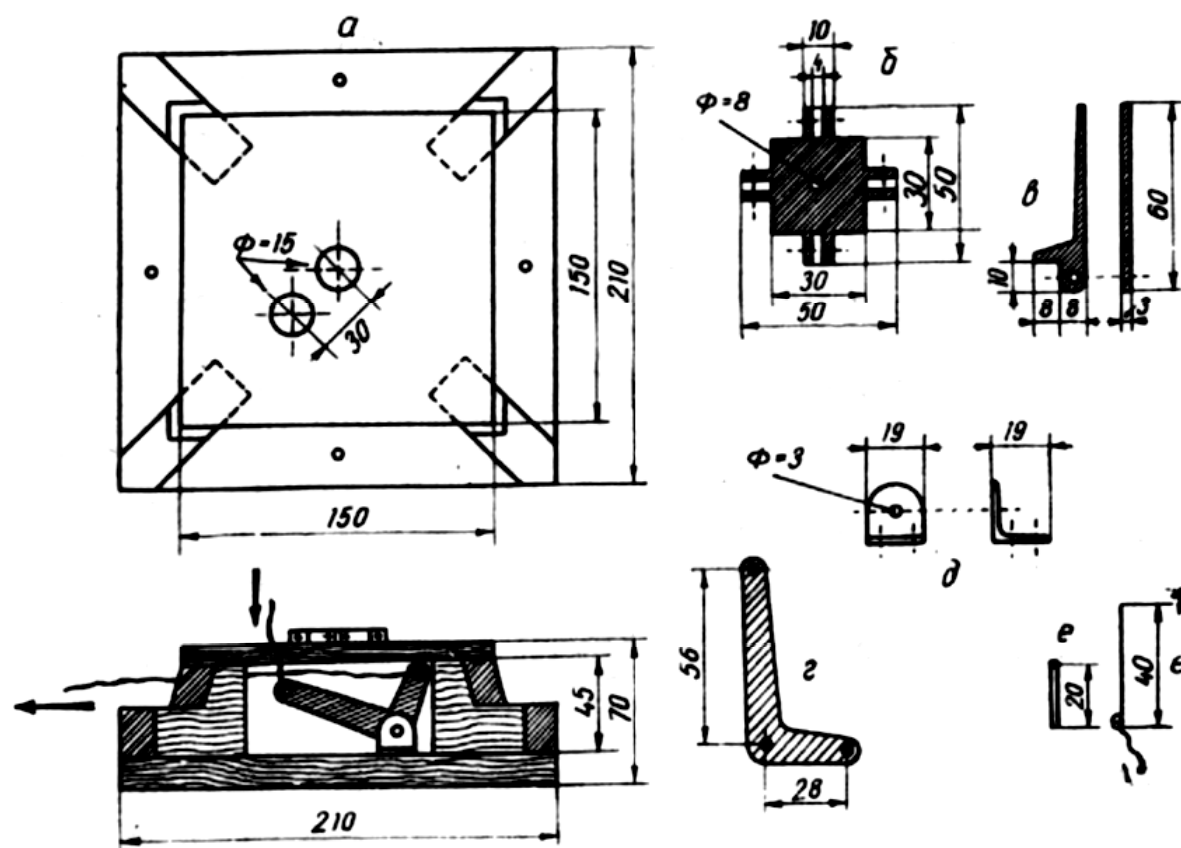


Рис. 52. Деталі стартового пристрою: а) стартова платформа (вигляд зверху); б) основа герметичного замка; в) лапки-затискачі (4 шт.); г) кутник для висмикування чеки; д) основа кутника (2 шт.), е) патрубок чеки; е) чека.

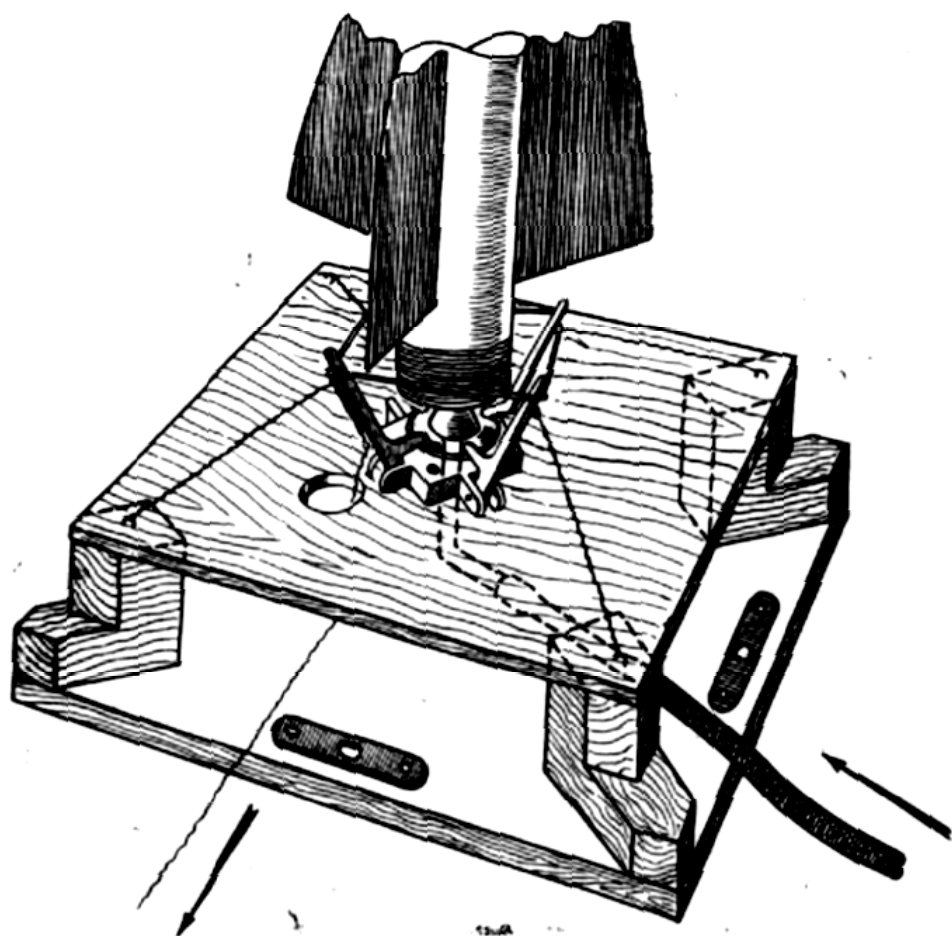


Рис. 53. Загальний вигляд стартової платформи.

Шланг від автомобільного насоса підводять до Г-подібного патрубка, який припаюють до звичайного велосипедного штуцера з надітим на нього ніпелем. Ніпель запобігає просочуванню води, залитої в балон ракети, у шланг при зворотному русі ручки насоса.

МОДЕЛЬ-КОПІЯ КОСМІЧНОГО КОРАБЛЯ «ВОСТОК»

Останнім часом у ракетомодельованні започатковується новий клас моделей ракет—копій сучасних космічних кораблів.

Масовий інтерес юних ракетомodelістів до конструювання копій сучасних ракетно-космічних систем врахували організатори ракетомodelьних змагань. На останніх ракетомodelьних змаганнях до стартів була допущена діюча модель-копія космічного корабля «Восток».

О
ший
мент
нові
кора
міра
не да
двиг
кора
О
гото
вось
цент
жит
П
із зн
пока
у зв
проц
кета
ля с
кабі
в сві
М
чайн
легк
баль
ці,—
зани
блок
мож
Д
Осно
шабл
яког
горн
або
Г
блок
метр
32 м.

Ось тут перед юними конструкторами розкрився найширший простір для винахідництва, найрізноманітніших експериментів. Деякі ракетомodelісти вирішили робити багатодвигунові моделі, щоб вони нагадували справжній космічний корабель не тільки зовні. Такі моделі вийшли більші за розмірами і складніші, але поки що добрих льотних показників не дали. Значно краще літали невеликі моделі-копії з одним двигуном, які тільки зовні скидалися на справжній космічний корабель.

Описувана модель-копія космічного корабля «Восток» виготовлена членами ракетомodelьного гуртка Броварської восьмирічної школи № 3. Модель має один ракетний двигун у центровому блоці, який підіймає її на висоту 80—100 м. Важить вона близько 110 г.

Порівняно з звичайною одноступеневою моделлю ракети із зниженням на парашуті вона, зрозуміло, має гірші льотні показники, адже лобовий опір її в кілька разів більший, ніж у звичайної моделі ракети. Та зате модель-копія відтворює процес зниження, як справжній космічний корабель, бо ракета-носіє знижується окремо від кабіни космонавта, що після скидання захисного конуса стає схожою на ту історичну кабіну, в якій приземлився Юрій Гагарін після своєї першої в світі космічної подорожі навколо земної кулі.

Матеріали для нашої моделі майже ті самі, що й для звичайних моделей ракет. Винятком буде лише пінопласт — легкий пористий матеріал із спіненої пластмаси. З нього та з бальзи — надлегкої деревини, що росте в Південній Америці, — виготовлятимемо бічні конусні блоки. Втім, якщо вказаних матеріалів не дістанете — не біда. Бічні конусні блоки можна виготовити з цупкого паперу, а замість бальзи можна скористатися липою.

Для склеювання частин корпусу потрібні ще шаблони. Основним для виготовлення моделі лишається той самий шаблон під патрон 12-го калібру діаметром 22 мм, на основі якого будується більшість наших ракет. Паперова рурка, нагорнута навколо цього шаблона, становить основу корпусу або нижню частину центрального блока.

Починаючи з середини корпусу ракети-носія центровий блок розширюється приблизно на 40% від попереднього діаметра. В натурі це близько 3 м, а в нашій конструкції — 32 мм.

Знизу з чотирьох боків до центрального блока примонтовано бічні блоки. Кожний з них, як і центровий блок, в натурі має по ракетному двигуну з чотирма камерами згоряння. Отже, ракета-носій, не рахуючи третього ступеня, має п'ять потужних рідинних ракетних двигунів та ще кілька рульових. Загальна потужність всіх ракетних двигунів космічного корабля «Восток» становить близько 20 мільйонів кінських сил.

На нашій моделі-копії діятиме тільки один центровий двигун. Це звичайний стандартний ракетний двигун, створений на основі папкової мисливської гільзи 12-го калібру, що працює на твердому паливі. Так само, як і на моделях інших ракет, він має попереду пиж і парашут. Різниця лише та, що крім парашута, призначеного для зниження ракети-носія, в передній розширеній частині корпусу вміщено ще один для кабіни космонавта, яка знаходиться також у розширеній частині центрального блока. Зверху вся система закрита захисним конусом-обтічником, що злітає внаслідок порохового спалаху і дає можливість обом парашутам розкритись.

Починати роботу над моделлю найкраще з паперових рурок двох діаметрів. Першу, як ми вже казали, робимо на звичайному шаблоні під патрон 12-го калібру, другу — на шаблоні завтовшки 32 мм. Другий потовщений шаблон можна виточити на токарному верстаті або зробити ще простіше. Намотати на перший шаблон кілька аркушів цупкого паперу до потрібного діаметра, а потім на цьому додатковому шарі склеїти рурку-корпус другого діаметра. Довжину обох рурок візьміть з рис. 54.

З'єднувати обидві рурки будемо на потовщеному кільці, виготовленому з вузької смужки цупкого паперу завширшки 5 мм. Звуження або плавний перехід між двома діаметрами роблять з брусочків бальзи, наклеєних щільно в ряд по колу на зазначеному на рис. 54 місці. Потім їх зрізають на конус.

Коли корпуси між собою буде з'єднано, з твердого пінопласту виготовляємо бічні блоки. Пінопласт добре обробляти гострим ножом, пиляти циркулярною пилкою та лобзиком.

Виготовлені за вказаними на рис. 54 розмірами заготовки зрізаємо на чотиригранну піраміду, а потім гострим ножом та скляною шкуркою доводимо до форми конуса. Перед тим як встановлювати на місце, блоки треба кілька разів змастити клеєм БФ-2 або БФ-4, щоб зміцнити зовнішній шар пінопласту й ізолювати від ацетонових клеїв та фарб, що розчиняють

Рис.
б) пі
мона
них
натої

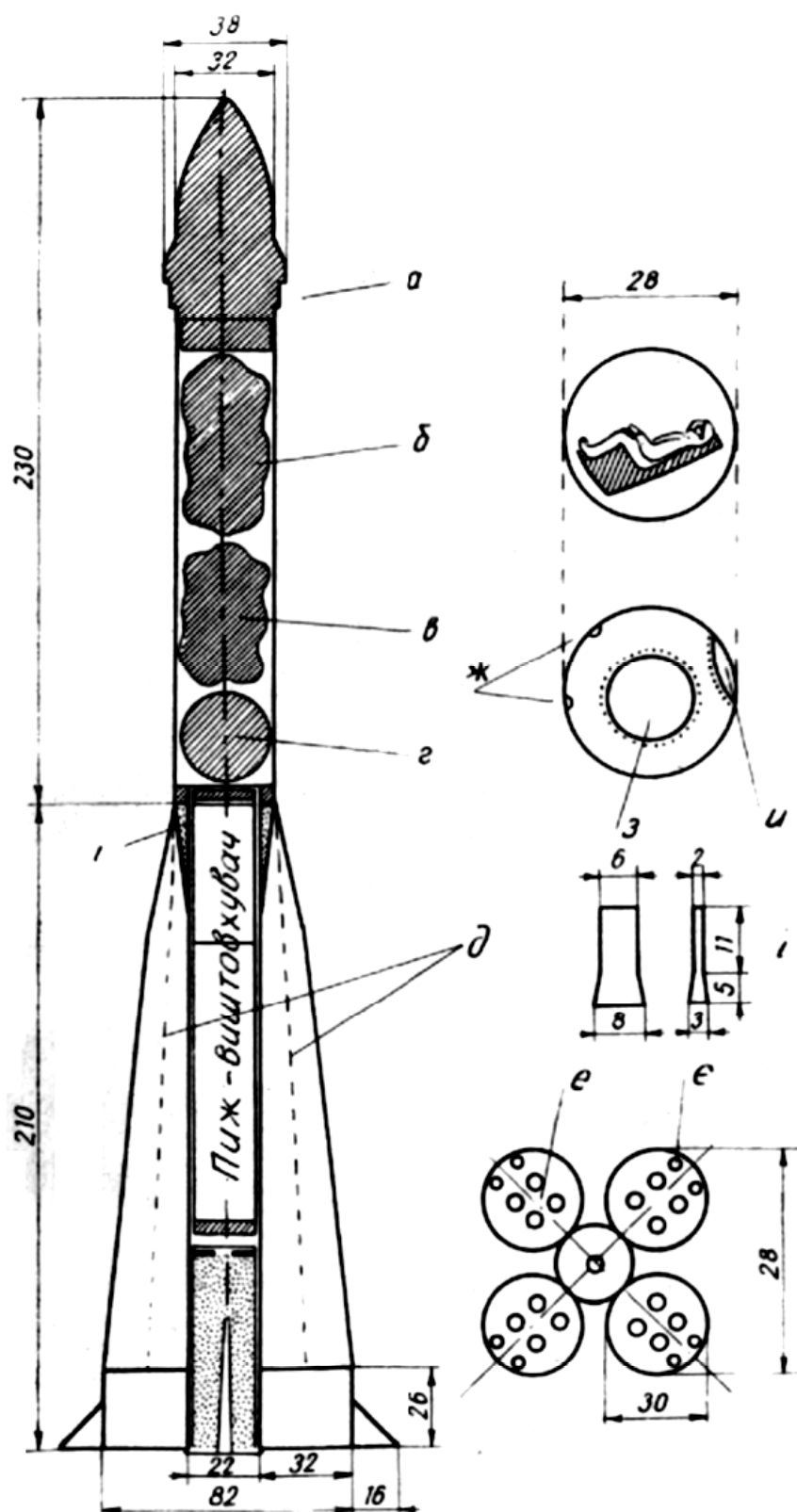


Рис. 54. Модель-макет космічного корабля «Восток»: а) обтічник; б) парашут корпусу; в) парашут кабіни космонавта; г) кабіна космонавта; д) бічні блоки-прискорювачі; е) розміщення сопел ракетних двигунів; ж) рульові двигуни (двигуни малої тяги); з) ілюмінатори кабіни космонавта; и) відсік парашута; і) люк; і) бальза; і) вигляд сопел збоку.

пінопласт. Пінопластова деталь від дотику до нітрофарби або нітроклею починає швидко зменшуватись в об'ємі.

Виготовляючи блоки, завжди порівнюйте їх між собою, щоб, бува, не зробити форму блоків різною, від чого модель-макет втратить свою симетрію. Бічні блоки приклеюють до центрального якомога точніше — несиметричне розміщення блоків може спричинити викривлення траєкторії польоту під час запусків.

Після того як склеєні місця просохнуть, їх треба зміцнити. Для цього в усі щілини, утворені стиканням циліндричних та конусних поверхонь, повклеюйте тоненькі одноміліметрові реечки (можна використати звичайні сірники, позрізавши з них сірку). Щоб замаскувати їх, поверх приклейте тонкі смужки цигаркового паперу.

До нижніх частин бічних блоків приєднують ще макетні сопла ракетних двигунів та невеликі стабілізатори, або, точніше, аеродинамічні рулі, які допомагають тримати ракету-носія в заданому напрямку при проходженні через атмосферу. Стабілізатори випилюють з 1-мм авіамодельного дикту і вклеюють клеєм БФ-2 у щілини, пропиляні лобзиком.

Сопла можна виготовити двома способами. Перший, що дає більшу точність і якість, — це виточування з липи на невеличкому токарному верстаті. Виготовляючи в такий спосіб, можна найбільшою мірою досягти подібності та якості зовнішньої обробки.

При відсутності токарного верстата кожне сопло виготовляють з двох частин — липового стержня й паперового конуса. Оскільки сопел треба виготовити багато і більшість з них повинні бути однаковими, виготовимо спочатку шаблон, тобто виточимо або вистругаємо конус, на якому потім і закручуватимемо та склеюватимемо заготовки сопел. Розміри сопел для макета подані на рис. 54. Склеювати їх бажано яким-небудь негорючим клеєм, наприклад, силікатним.

Липові стержні закріплюють у денцях бічних блоків в отворах, висвердлених ручним дрилем. Розміщення сопел показано на рис. 55 та загальному вигляді нижньої частини ракети-носія (рис. 55).

На центральному блоці під час польоту моделі-копії макетних сопел не буде, але перед польотом для стендової оцінки краще виготовити їх на липовій заглушці розмірами як патрон 12-го калібру. Розташування сопел показане на

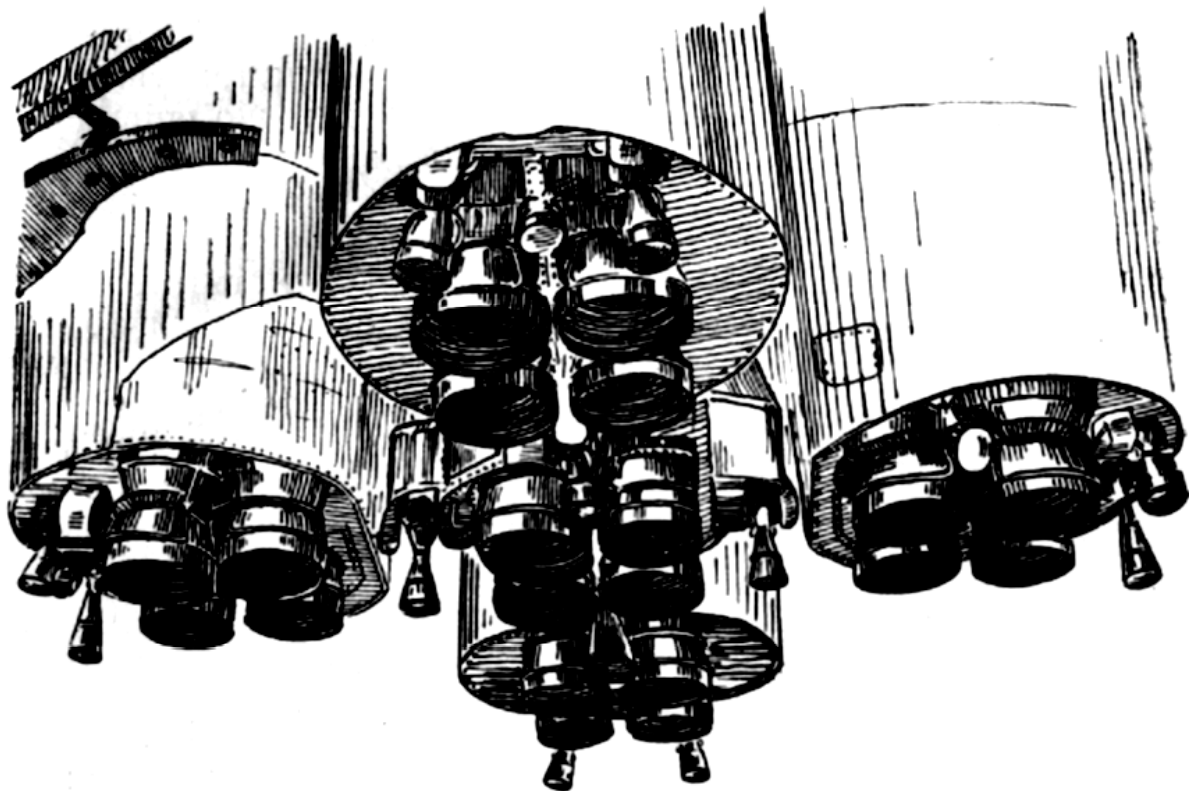


Рис. 55. Зовнішній вигляд нижньої частини ракети-носія космічного корабля «Восток».

рис. 55. Під час огляду моделі-копії суддями треба вставити описану заглушку, а при підготовці до запуску на її місце поставити діючий ракетний двигун.

Пиж в описуваній моделі дещо своєрідної конструкції. Річ у тім, що в розширеній частині, де знаходиться кабіна космонавта та два парашути, для великого пижа мало місця. До того ж невикористаною лишилась порожнина в завуженому діаметрі центрального блока над ракетним двигуном. Тому юні ракетомоделісти вирішили скористатися в цій моделі не просто пижем, а пижем-виштовхувачем. Такий пиж-виштовхувач зображений окремо на рис. 56.

При згорянні порохового спалаху газу тиснуть на нижнє денце пижа, і він, висуваючись своїм довгим тілом з рурки звуженого діаметра, наче штоком поршня, виштовхує з рурки ширшого діаметра обидва парашути, кабіну космонавта та конус-обтічник, а потім вилітає й сам. Отже, розжарені газу під час виштовхування у верхню частину корпусу не потрапляють, що зберігає парашути від прогорання.

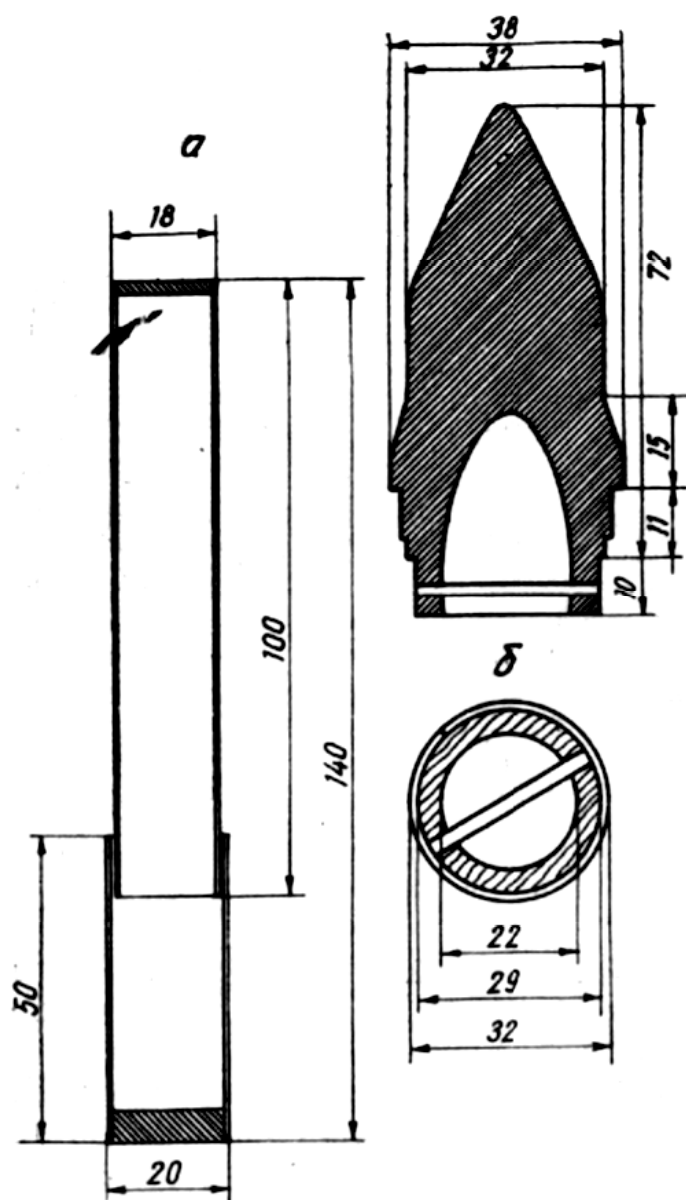


Рис. 56. Пиж-виштовхувач (а) та обтічник (б).

Зовнішній діаметр пижа-виштовхувача повинен точно співпадати з внутрішнім діаметром звуженої частини центрального блока. Щоб уникнути виготовлення додаткового шаблона для його склеювання, пиж-виштовхувач зробили так: відрізали папкову рурку порожньої гільзи, вклеїли липове денце, а всередину, оскільки бракувало довжини, вставили скручену паперову рурку, що відповідала внутрішньому діаметрові порожньої гільзи. У такий спосіб пиж-виштовхувач був зроблений дуже швидко і працював анітрохи не гірше виготовленого на окремому шаблоні.

Таких пижів на змагання треба виготовити кілька, бо при падінні вони легко губляться в траві й чергові запуски моделі через таку дрібницю будуть зірвані.

Тепер перейдемо до верхньої частини космічного корабля. Конус-обтічник, як і в попередніх моделях, виточують або з пінопласту твердого сорту, або з липи. Коли є бальза, обтічник найкраще виточити з неї.

У справжньому космічному кораблі під захисним конусом на самому вершечку знаходиться кабіна космонавта. Збоку в конусі вирізане вікно для катапультивання космонавта на зльоті при виникненні аварійної ситуації.

Нижче кабіни космонавта знаходиться енергетичний відсік третього ступеня з запасом пального та гальмівним ракетним двигуном. Сопло гальмівного та рульових двигунів третього ступеня на моделі відображене лише символічно у вигляді рисунка на бічній поверхні рурки-корпуса збільшеного діаметра, інакше не було б куди вмістити обох парашутів. Але саму кабіну космонавта, набравшись терпцю, треба зробити якомога краще: на неї під час старту глядачі, особливо малеча, звертають неабияку увагу.

Кабіну виготовимо з прозорого целулоїду методом витискання (рис. 57). Целулоїд — речовина, що при нагріванні до 100° стає пластичною. Прозорий целулоїд завтовшки від 1 до 0,5 мм вкладають в авіамодельні посилки. З нього також іноді виготовляють транспортири, трикутники для креслення або лекала. Для нашої кабіни потрібно два кружальця прозорого целулоїду діаметром 5—6 см.

Для витискання нагрітого целулоїду підготуємо пуансон і матрицю. За пуансон може правити великий шарикопідшипник діаметром 26—27 мм, що іноді використовується для гри в більярд, за матрицю — шматок товстого 5—10-мм дикту, в якому лобзиком акуратно виріжемо круглий отвір діаметром на 2 мм більшим, ніж діаметр відібраного шарикопідшипника.

Краї вирізаного отвору треба якомога ретельніше зашліфувати та заокруглити, щоб при витисканні не прорвати

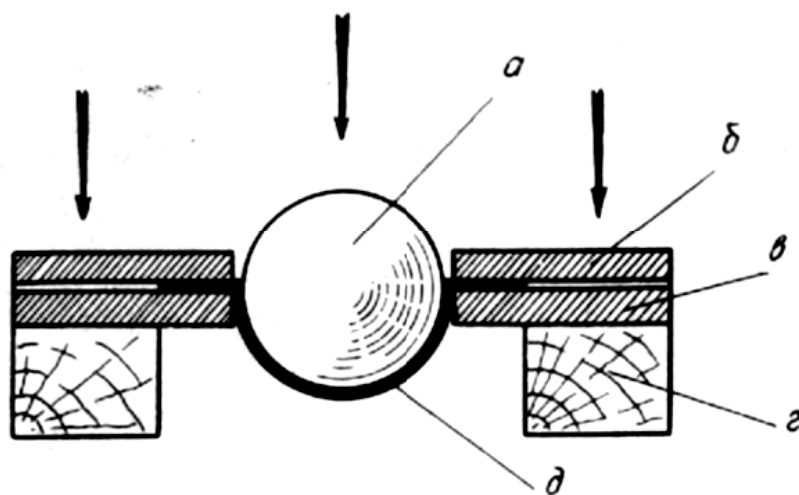


Рис. 57. Виготовлення кабіни космонавта за допомогою пуансона та матриці: а) металевий шар пуансона; б) притискне кільце; в) диктова матриця; г) підставка; д) розігрітий целулоїд.

розігрітого целулоїду. Замість шарикопідшипника можна також заокруглити кінець дерев'яного (липового) бруска, попередньо застругавши його до круглого перерізу відповідного діаметра. Виготовлену матрицю треба покласти на два брусочки так, щоб дикт був піднятий над рівнем столу на 15—20 мм.

Тепер зануримо на кілька хвилин одне з целулоїдних кружалець-заготовок в окріп. Вийнявши його пінцетом, покладемо посередині отвору матриці й натиснемо зверху металевою кулькою-пуансоном. Натискати треба поступово по тому, як пультка входить в розігрітий целулоїд.

Щоб, бува, не продавився в отвір якийсь край заготовки, найліпше розігріте кружальце целулоїду, накладене на отвір матриці, притиснути по краях якимось кільцем з товстого дроту чи дикту. Півкуля, видавлена в такий спосіб, буде завжди акуратніша, бо в ній не утворюватимуться зморшки по краях.

Після видавлювання обох половинок кабіни зайвий целулоїд обрізаємо й обидві половинки ретельно припасовуємо одну до одної. У вас вийшла прозора з двох половинок кулька, всередині якої можна встановити крісло з лялькою-космонавтом, різноманітні прилади керування космічним кораблем, широко відомий прилад астроорієнтації «Глобус», що показує місцезнаходження космічного корабля відносно земної поверхні, контейнери з аварійними запасами їжі та кисню тощо.

Схема внутрішнього обладнання кабіни космічного корабля «Восток» неодноразово публікувалася в рисунках та фотографіях у газетах і журналах. Досить детальний макет кабіни космонавта експонується в фойє Київського планетарію.

Деталювання кабіни космонавта доведеться виконувати в досить малому масштабі, отже, захоплюватись великими подробицями не доведеться. Фігуру ляльки-космонавта можна вирізати з липи, крісло та контейнери — з кольорового целулоїду. Фарбувати кабіну зовні в сріблястий колір краще не всю, а тільки нижню половину. Верхня хай буде прозора. Чорною фарбою обведіть лише люки та ілюмінатори.

Після закінчення внутрішнього деталювання склейте обидві половинки емалітом і зверху приклейте целулоїдне вушко для прив'язування стропів невеликого (4—5 дм²) па-

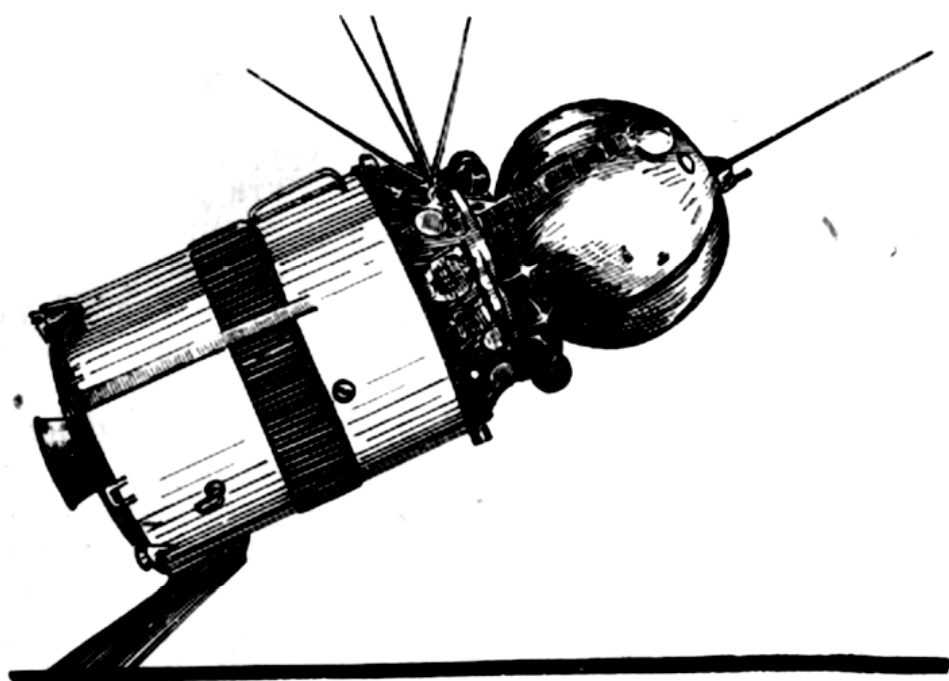


Рис. 58. Зовнішній вигляд космічного корабля «Восток» без захисного конуса.

парашута з довговолокнистого паперу на 8 або 6 стропів, прикріплених до кабіни космонавта без амортизатора.

Парашут для спуску ракети-носія роблять звичайних розмірів, тобто діаметром приблизно 500—600 мм на 8 стропів, які кріплять до обтічника так само, як і до звичайної ракети. Обтічник прив'язують до корпусу ракети-носія однією сталкою стрічкової 4-мм авіамодельної гуми або двома сталками угорської завдовжки 30—40 см, бо при спрацюванні порохового спалаху від сильного ривка він може відірватись.

Спосіб складання парашута, спорядження моделі та сам старт мало різниться від запуску звичайної моделі ракети з двигуном на твердому паливі й зниженням на парашуті. При регулювальних запусках та виготовленні зверніть увагу на таке:

а) виготовляючи модель, дуже міцно склеюйте широку та вузьку частини корпусу центрального блока через потовщувальне кільце. Під час порохового спалаху в цьому місці корпус може розірватись на дві половинки. Щоб запобігти цьому, після склеювання та виготовлення конусного переходу з обструганих бальзових брусоків обклейте це місце

одним-двома шарами смужок довговолокнутого паперу з по-
вздовжнім розташуванням волоконцець та добре проемалітьте;

б) модель має своєрідну форму з розширеним донизу корпусом і великою задньою площею перерізу двигунів. При такій формі бічні блоки моделі повинні бути розташовані симетрично й мати однакову вагу. Коли цього не дотриматись, станеться викривлення траєкторії польоту;

в) запуски моделі засвідчили, що вона потребує певної ваги носової частини. З надміру полегшеною носовою частиною ракета, незважаючи на точну симетрію корпуса, матиме недостатню шляхову стійкість. При невдалих запусках можна виправити траєкторію, довантаживши носову частину, але від цього зменшиться висота підйому моделі. При пошуках найкращих польотних результатів треба завжди враховувати всі причини і шукати середні, найбільш вигідні величини;

г) точність дотримання траєкторії залежить також від зльоту, а зліт із стартового пристрою — від точного положення напрямних кілець на моделі. Через різні діаметри верхньої і нижньої частин корпуса встановленню напрямних кілець треба приділити особливу увагу. Вісь симетрії моделі повинна бути паралельною до штиря. Для цього нижнє напрямне кільце треба кріпити до центрального блока на деякій відстані, що дорівнює різниці радіусів верхньої і нижньої рурок корпуса.

Фарбують «Восток» у білий або жовтувато-білий колір за винятком нижньої частини, яку роблять дзеркально-сріблястою для максимального відбиття інфрачервоних (теплових) променів від вогняних стовпів розжарених газів під час роботи ракетних двигунів (рис. 59).

НА ВИСОТУ ДВОХ КІЛОМЕТРІВ

На яку максимальну висоту зможе піднятись багатоступенева модель ракети на стандартних ракетних двигунах, виготовлених з мисливських гільз 12-го калібру?

Це питання не один раз ставили гуртківці-ракетомоделісти Броварської середньої школи № 3. Неодноразово робили вони й приблизні підрахунки, пропонували різноманітні конструкції. Виходило щось близько 2—2,5 км. Один з проектів висотної моделі ракети, представлених на розгляд,

з по-
ітьте;
онизу
. При
ні си-
атись,

ієвної
іасти-
атиме
мож-
у, але
пуках
вува-
ічини;
к від
поло-
метри
імних
юделі
іє на-
ієжкій
жньої

колір
-сріб-
-епло-
д час

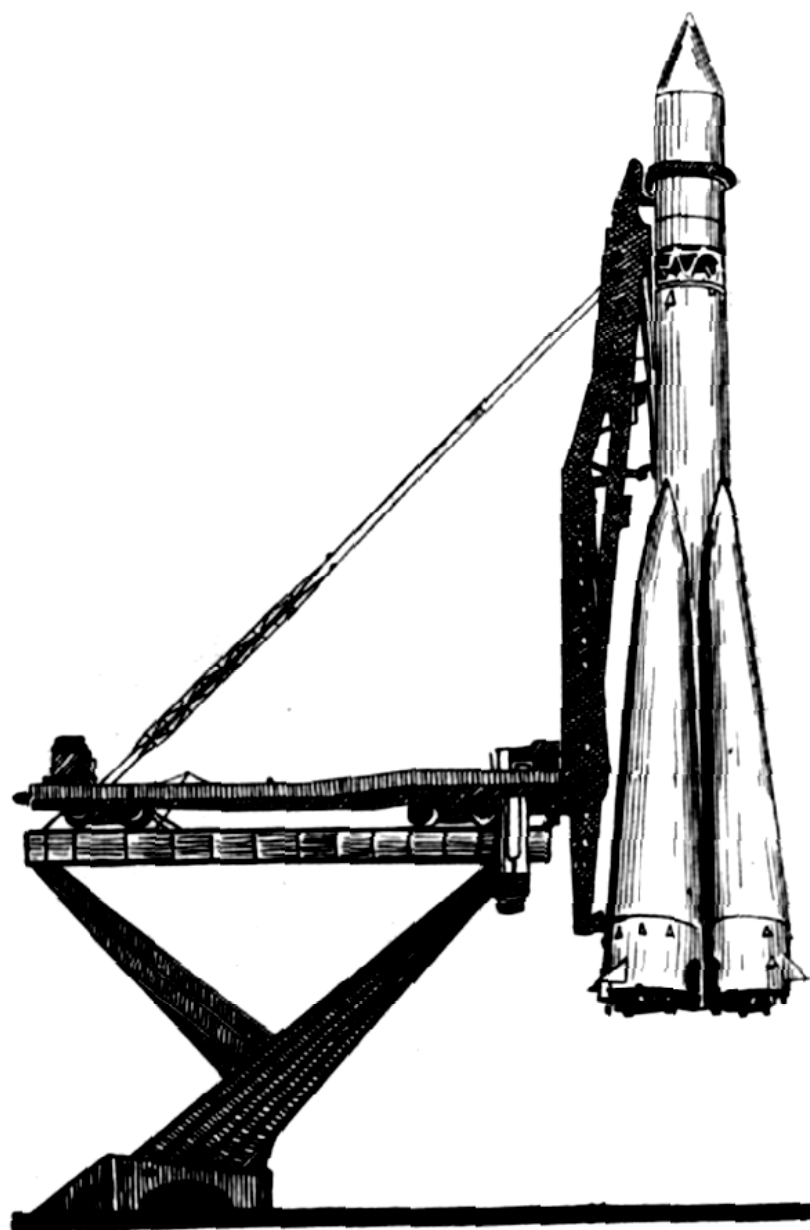


Рис. 59. Ракета-носії космічного корабля «Восток» у
стартовому положенні.

госту-
унах,

моде-
о ро-
маніт-
дин з
згляд,

привернув увагу незвичним розташуванням двигунів, що забезпечували надійніший зліт без зміни заданого напрямку. Він і став основою для дальшої конструкторської роботи.

На рис. 60 зображено зовнішній вигляд сконструйованої висотної моделі ракети ВР-5 (висотна ракета п'ята). Порядковий номер дістався їй на конкурсі проектів, обговорюваних на засіданні гуртка. Зрозуміти дію моделі краще з рис. 61, де вона подана в розрізі.

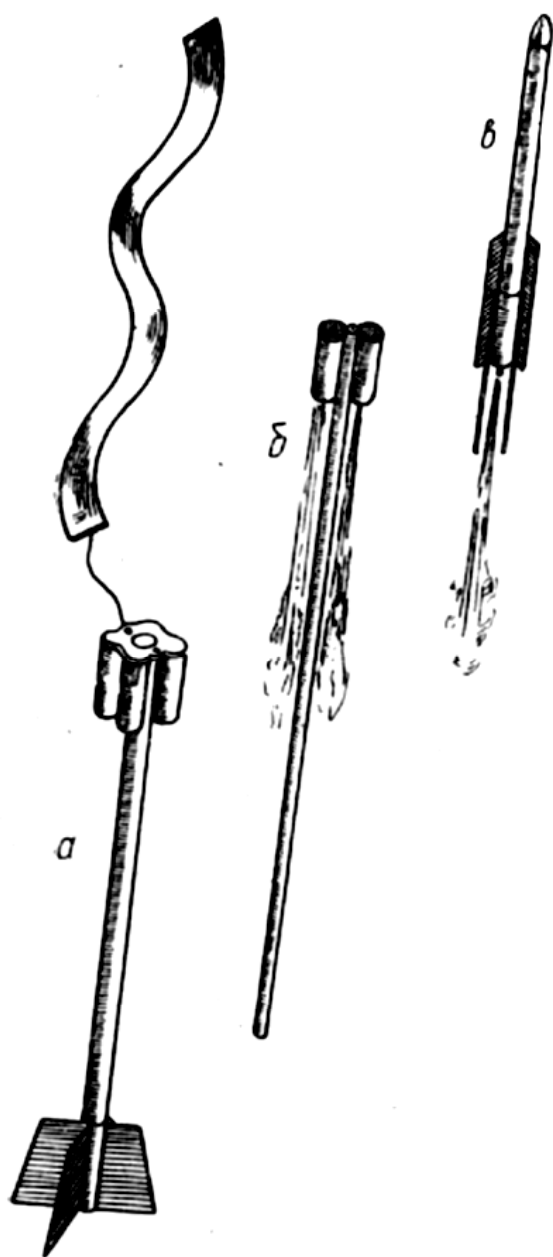


Рис. 60. Загальний вигляд висотної моделі ракети ВР-5: а) перший ступінь у момент зниження; б) другий ступінь одразу після розстикування з третім ступенем (двигуни-прискорювачі вистрілені); в) третій ступінь у польоті.

На противагу більшості деталей, у яких стабілізатори розташовані біля ракетних двигунів, на описуваній моделі вони винесені далеко назад. Отже, двигуни дещо змінили свої функції. Якщо раніше вони були штовхаючими, то тепер стали тягнучими, бо розташувались у головній частині корпусу. Це сприяло збільшенню стійкості моделі на зльоті. При малих швидкостях, навіть при виході з ладу одного з чотирьох паралельно працюючих двигунів першого ступеня, модель злітає вертикально, лише трохи відхиляючись від курсу.

«Нове — це добре забуте старе», — так не без гумору висловився один з ветеранів ракетомодельної справи, коли ознайомився з запропонованою схемою. Справді, така конструкція хвоста здавна застосовувалась у феєрверкових ракетах. Подібний хвіст був і в російських військових ракетах ХІХ сторіччя, над якими працювали винахідники А. Д. Засядько та К. І. Константинов.

Модель ВР-5 складається з трьох ступенів.

Перший ступінь являє собою паперову рурку задовжки 60 см і діаметром 22 мм, виготовлену на шаблоні звичай-

ної одноступеневої моделі ракети. Тільки роблять її не з двох, як корпус звичайної ракети, а з трьох шарів цупкого паперу, склеєного для вогнетривкості силікатним клеєм.

Стабілізатори (рис. 62) виготовляємо або з 1-мм фанери, також просоченої силікатним клеєм, або з дюралюмінію завтовшки 0,5 мм з спеціальними кріпленнями з жерсті, зображеними окремо на рис. 62,б. Стабілізатори приклепуємо до кріплень невеликими алюмінієвими або мідними заклепками. У верхній частині корпуса клеєм з невеликими дерев'яними кутничками закріплюємо обойми для чотирьох ракетних двигунів, що одночасно починають працювати під час старту.

Велику роль відіграє кришка всіх чотирьох обойм, виготовлена з фанери, в об'ємі якої міститься кільцевий вогневий канал, що з'єднує всі чотири двигуни другого ступеня.

Будь-який з чотирьох двигунів першого ступеня, що відпрацює раніше, подасть вогонь у кільцевий канал, заповнений мисливським порохом. Внаслідок цього вогонь миттю проникне в ракетні порожнини двох паралельних тягнучих двигунів другого ступеня, і ракета почне долати

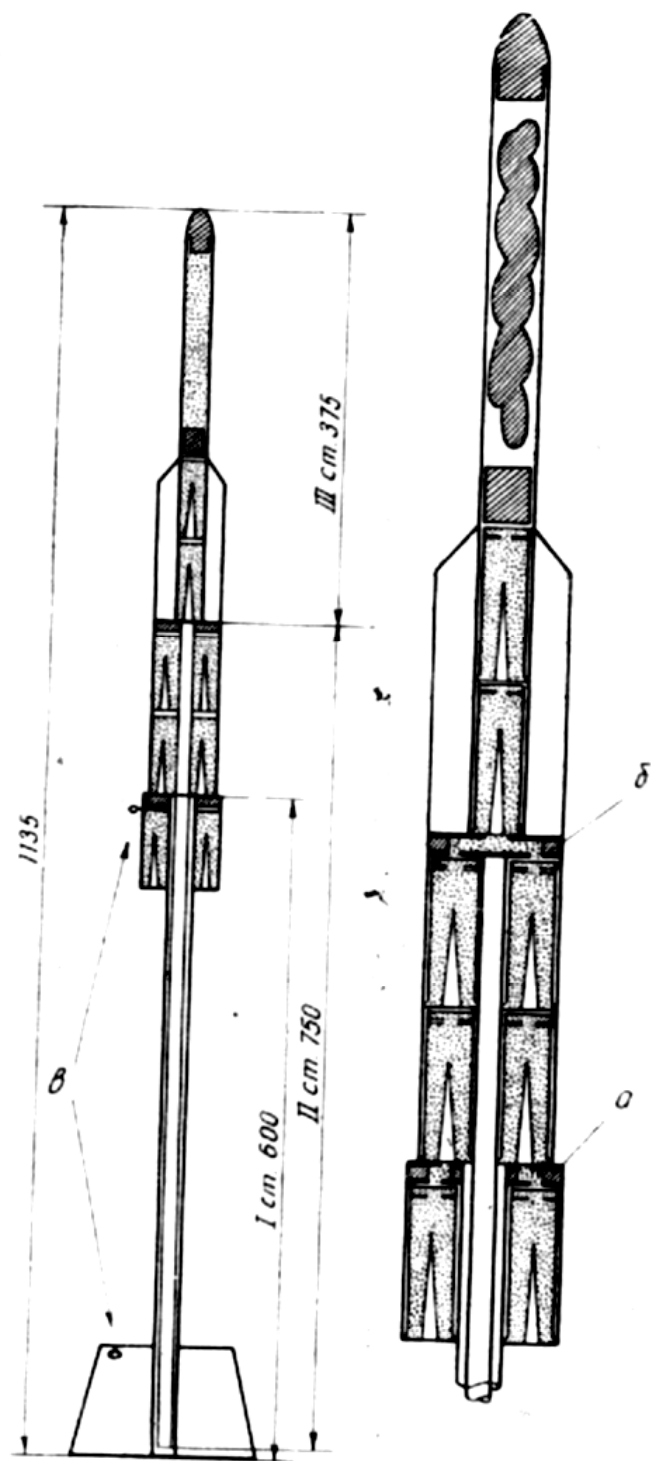


Рис. 61. Висотна модель ракети ВР-5 у розрізі (в стартовому положенні): а) кришка першого ступеня з каналами переходу вогню; б) кришка другого ступеня; в) напрямні кільця для штиря.

другу ділянку своєї траєкторії. Одночасно вогонь, проходячи по кільцевому каналу (рис. 61,а), проникне до порохових спалахів решти працюючих двигунів першого ступеня. Всі чотири гільзи ракетних двигунів першого ступеня викинуться пороховими спалахами з обойм, і звільнений від вогню перший ступінь почне знижуватись на стрічковому парашуті.

Відверто кажучи, рідко перший і навіть другий ступені повертаються з польоту неушкодженими. Дуже часто рурка-корпус прогоряє, хоч її й захищають перед стартом різними вогнетривкими речовинами. Але виготовити її за готовими шаблонами не важко, тим більше, що йдеться не про звичайний запуск командної моделі ракети, а про надвисотний з експериментальною метою.

Другий ступінь будовою в принципі не відрізняється від першого. Рурку-корпус другого ступеня виклеюють на спеціально підготовленому шаблоні завтовшки 10 мм також з трьох шарів цупкого паперу, але завдовжки 75 см.

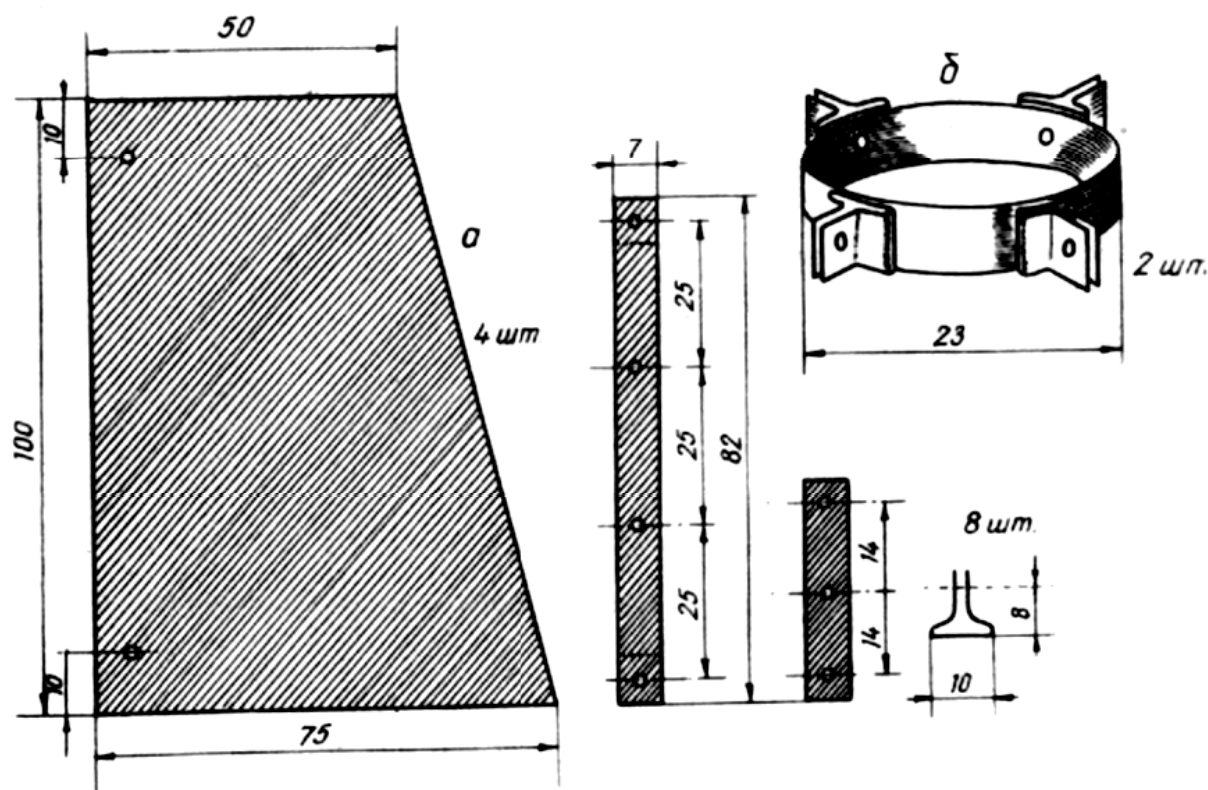


Рис. 62. Кріплення стабілізаторів першого ступеня: а) стабілізатор; б) кріплення стабілізаторів за допомогою жерстяних хомутиків та кілець.

На противагу першому ступеневі на корпусі другого стабілізатори зовсім відсутні. Це тому, що в стартовому положенні і при подоланні першої ділянки траєкторії корпус другого ступеня вставляють у корпус першого. Внутрішня порожнина корпусу першого ступеня становить для другого напрямку. Завдяки своїй довжині та невеликій вазі корпус другого ступеня зберігає напрямок польоту і без стабілізаторів, як звичайна фейерверочна ракета.

Для збільшення ділянки польоту кожний з двох паралельно працюючих двигунів другого ступеня має ще по двигуну-прискорювачу. Отже, другий ступінь має також чотири ракетні двигуни, тільки вони працюють не разом, а по черзі. Коли відокремиться перший ступінь, починають працювати два двигуни-прискорювачі, а через кілька секунд порохіві спалахи вистреляють гільзи двигунів-прискорювачів і запрацюють основні маршові двигуни.

Третій ступінь нашої ракети за своєю будовою нагадує звичайну одноступеневу ракету з стабілізаторами, яка бере участь у ракетомодельних змаганнях на тривалість перебування в повітрі або підіймання корисного вантажу. Різниця лише та, що й тут є невеликі напрямні у вигляді двох круглих рейок, що виходять з двох паперових рурок, приклеєних у верхній частині другого ступеня, і не дають третьому ступеню різко змінити напрямок польоту під час розстикування.

Третій ступінь має два послідовно з'єднані двигуни. Отже, споряджена ВР-5 має десять ракетних двигунів, з яких перші чотири працюють паралельно, витрачаючи близько 3 сек на повне згоряння. У другому ступені також чотири двигуни працюють у дві черги попарно, тобто 6 сек. У третьому ступені два двигуни працюють послідовно, витрачаючи на згоряння також 6 сек.

Всю ділянку розгону ВР-5 проходить таким чином за 25—27 сек із врахуванням пауз між роботою ракетних двигунів і піднімає останній ступінь з обтічником та парашутом на висоту близько двох кілометрів.

Стартує висотна ракета ВР-5 із звичайної стартової установки у вигляді сталевго штиря завдовжки 1,5 м. Для цього на стабілізаторі першого ступеня та на одній з обойм у верхній частині корпусу встановлюють напрямні кільця з сталевго дротини, зображені на рис. 61, в. Через те, що запалювання одночасно чотирьох двигунів під час старту іноді

відбувається не синхронно, на моделі застосований старт із затримкою.

Модель зможе стартувати лише тоді, коли на першому ступені запрацюють одночасно не менш як три двигуни. З двома працюючими двигунами ракета не зрущить з місця, і двигуни лише вигорять. Це відбувається тому, що в нижній частині штиря біля стартової платформи зроблений силовий затримувач, що нагадує звичайну зачіпку для білизни, тільки металеву. При встановленні моделі ракети в стартове положення він затискує один із стабілізаторів. Коли сила тяги одночасно працюючих двигунів першого ступеня досягне більше двох кілограмів, стабілізатор висмикується з зачіпки і тільки тоді ракета стартує.

На моделі застосований і інший запобіжний засіб — відсікання вогню між першим і другим ступенями в разі невдалого старту.

Уявімо собі, що було б, якби ракета з двома працюючими двигунами першого ступеня «не одержала дозволу на старт», тобто не змогла висмикнути стабілізатор із зачіпки. Ми знаємо, що будь-який з чотирьох паралельно працюючих двигунів першого ступеня після вигорання передає вогонь у кільцевий вогневий канал, що з'єднує всі чотири двигуни першого ступеня та два наступні двигуни на другому ступені. В цьому випадку перший ступінь лишився б на стартовій платформі, а другий все одно стартував би, але на значно меншу висоту.

Щоб уникнути цього, застосовують додатковий автомат повороту другого ступеня за допомогою гумової тяги, змонтованої в переході від першого до другого ступеня. Керують автоматом за допомогою двох чек. Першу чеку висмикує один із членів стартової команди через дві секунди після запалювання двигунів, якщо модель не зрушила з місця.

Для висмикування застосовують звичайну катушкову нитку або капронову жилку завдовжки 10 м, кінець якої тримає стартуючий. Внаслідок висмикування чеки гумова тяга повертає другий ступінь, сопла двигунів другого ступеня відходять від отворів кільцевого вогневого каналу і вогонь від другого ступеня відсікається.

Якщо старт пройшов вдало, запрацювали всі чотири або принаймні три двигуни, стабілізатор першого ступеня звільнився від зачіпки і ракета почала рухатись по штирю, то

автоматично висмикується друга чека, з'єднана з стартовою платформою за допомогою міцної сталеві дротини (аби не перегоріла від вогню працюючих двигунів). Після цього поворотна гумова тяга разом з першою чекою і ниткою, яку тримає член стартової команди, відпадає, і ракета починає долати першу ділянку розгону.

Як бачите, автоматика ракети хоча й без електроприводу, але досить складна, її функції багатогранні і тільки бездоганне відпрацювання та точне виготовлення дає змогу здійснити старт без будь-яких непередбачених випадків.

Багато конструкторських зусиль було витрачено також на створення способу синхронного запалювання одночасно чотирьох двигунів першого ступеня.

Було випробувано кілька систем із застосуванням електрозапалів, з'єднаних послідовно або паралельно, але всі вони не давали повної надії на безвідмовність у роботі. Нарешті зупинились на найпростішому — пороховому запалі (рис. 63).

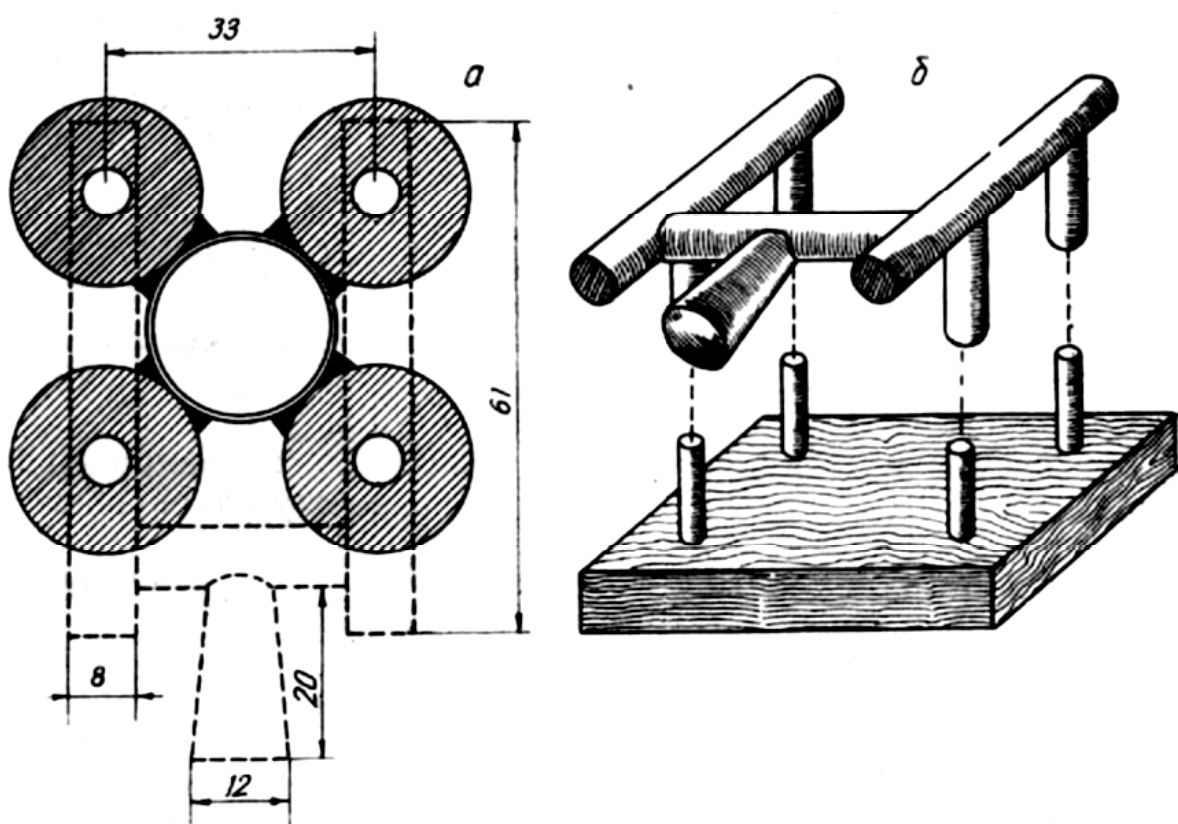


Рис. 63. Стартовий запал першого ступеня: а) вигляд знизу; б) запал знятий з шаблона.

Це П-подібна рурка, виклеєна з цупкого паперу, з чотирма патрубками відповідно до сопел чотирьох двигунів та лійкоподібним розширенням усередині. Запал виклеюють на спеціальному шаблоні, який має вигляд чотирьох стержнів, закріплених на диктовій підставці, що точно співпадають з отворами сопел ракетних двигунів першого ступеня.

Перед початком старту запал вставляють патрубками в сопла всіх чотирьох двигунів, ракету нахиляють так, щоб лійкоподібний отвір був спрямований угору, і в нього поступово засипають звичайний димний мисливський порох. При цьому роблять легкі струшування, щоб через патрубки порох зміг проникнути в ракетні порожнини двигунів. Після заповнення в лійкоподібний отвір вставляють електрозапал у вигляді ніхромової спіральки (можна на неофіційних стартах обійтися й звичайним стопіном) — і ракета готова до старту.

За готовими кресленнями таку ракету можна виготовити за два-три місяці, якщо будуть працювати принаймні три ракетомоделісти по чотири години на тиждень. Але конструювання її, відпрацювання окремих вузлів, починаючи з розгляду ескізних проектів і до останніх висотних запусків, відбере багато часу. У нас воно зайняло цілий навчальний рік.

Нам закарбувався в пам'яті перший вдалий запуск, проведений після багатьох спроб і експериментів. Все було передбачено й розраховано, на збільшену базу розставлені кутомірники з своїми приладами. Пролунала команда «Старт!». З потужним ревінням запрацювали всі чотири двигуни першого ступеня і, зірвавшись із штиря, ракета полинула вгору. Ось відокремився другий ступінь і став перетворюватись на цяточку. Ще було зафіксовано, як запрацював третій ступінь, а другий став повільно знижуватись і... все.

Далі вимірювати було нічого. Головна частина ракети зникла в темно-блакитному мареві, лишивши на землі своїх конструкторів.

Тільки в наступних запусках, коли парашут у головному відсіку був замінений пиловим сигналом з сажі або крейдяної пудри, вдалося провести вимірювання висоти порохового спалаху останнього десятого двигуна, що становила спочатку 1,5 км, а потім сягнула двох. Та для цього знадобилось ще півроку наполегливої праці юних творців ракети.

Ві
та др
К
вдова
клеїт
полов
польо
по ви
довги
шабл
Да
перех
перш
Бе
горюч
трьох
вогню
В ни
нижні
Ро
шок п
Пі
ки гу
тиско
ють ц
нього
ступе
пінь м
ню, к
не змс
Як
пенів
з ладу
відпра
Щс
різні
фольг
витрим
листоч

ПОРАДИ ЩОДО ВИГОТОВЛЕННЯ ВР-5

Виготовлення ВР-5 починають з рурок-корпусів першого та другого ступенів.

Клеїти рурку діаметром 22 мм, а особливо 10 мм і завдовжки 60—75 см досить важко. Тому радимо кожну рурку клеїти в два прийоми на вдвічі коротшому шаблоні і потім половинки склеїти за допомогою паперового патрубку. На польотних результатах моделі це не позначиться, а робота по виготовленню полегшиться, адже не треба буде робити довгих шаблонів. Та й знімати виклеєну рурку з короткого шаблону значно легше.

Далі зверніть увагу на виготовлення кришок з каналами переходу вогню, що розташовані в верхніх частинах корпусів першого та другого ступенів.

Безперечно, найліпше, коли вони будуть виготовлені з негорючого матеріалу. Але в описуваній моделі їх зроблено з трьох фанерних деталей, з яких середня має вирізи-канали вогню, а верхня та нижня використовуються як кришки. В них тільки вирізані отвори навпроти порохових спалахів нижніх ракетних двигунів і сопел верхніх.

Розміри та форма усіх фанерних деталей для обох кришок подані на рис. 64.

Після вирізування та обробки напилком і шкуркою кришки густо змащують з усіх боків клеєм БФ-2 і склеюють під тиском. З нижнього боку на виготовлені кришки ще наклеюють центруючі шайби для обойм ракетних двигунів, а з верхнього — центруюче кільце й напівкільця на кришку другого ступеня та напівкільця на кришку першого, щоб другий ступінь мав змогу повернутись на 45° у момент відсікання вогню, коли під час запуску станеться аварія й ракета злетіти не зможе.

Як уже йшлося раніше, корпуси першого та другого ступенів під час роботи ракетних двигунів часто-густо виходять з ладу, прогоряючи від полум'я. Цей недолік завдавав при відпрацюванні системи неабиякого клопоту.

Щоб уникнути прогорання рурок-корпусів, застосовували різні способи. Рурку-корпус обгортали шаром металевої фольги, листочками слюди тощо. Але фольга також недовго витримує насичене киснем полум'я, а достатньої кількості листочків слюди роздобути виявилось важко.

Нарешті зупинились на азбестовому покритті. Для цього брали звичайний азбест у вигляді папки (стрічки такого азбесту продаються в господарських магазинах як гноти для керогазів). Гострим ножом азбестову стрічку розривали на два шари завтовшки приблизно 0,7 мм, і потім ними зовні обклеювали рурку-корпус по всій довжині.

Розшаровувати азбестову стрічку важко — вона рветься. Та це байдуже, бо обклеювати рурку-корпус можна й найдрібнішими клаптиками. Обклеюють силікатним клеєм за допомогою катушкових ниток, які потім знімають.

Такий захист дає бажані наслідки принаймні на один-два польоти. Рурка-корпус хоч і обвуглюється, але не втрачає міцності й до кінця польоту відповідає своєму призначенню.

У першій частині опису ВР-5 мовилося про двигуни-прискорювачі, що попередньо розганяють другий та третій ступені, а потім вистрілюються пороховими спалахами, даючи можливість вступити в дію основним маршовим двигунам.

Двигуни-прискорювачі кріплять за допомогою з'єднувальних патрубків, описаних у конструкції двоступеневої моделі ракети. Різниця лише та, що вони не несуть на собі стабілізаторів.

Кожний двигун-прискорювач встановлюють досить туго в призначену для нього обойму і потім разом з обоймою вставляють у з'єднувальний патрубок. Перед цим у ракетну порожнину маршового двигуна засипають трохи мисливського димного пороху і якщо верхня частина двигуна-прискорювача закрыта папковою шайбою, то останню знімають.

Ракетні двигуни, закриті шаром цигаркового паперу, встановлюють на своє місце без змін. Патрубки та обойми повинні при цьому бути точно припасованими, особливо в другому ступені, щоб не утворились перекоси, які заважатимуть бездоганній роботі автомата відсікання вогню.

В крайньому разі можна зробити з сталевого дроту центруючі кільця, закріплені на корпусі другого ступеня, які запобігатимуть перекосам. При цьому центруючі кільця не повинні перешкоджати відстрілу відпрацьованих гільз двигунів-прискорювачів.

Третій ступінь приєднують до другого, як уже йшлося, за допомогою двох напрямних рейок, що при розстикуванні виходять з невеликих рурок, приклеєних до другого ступеня

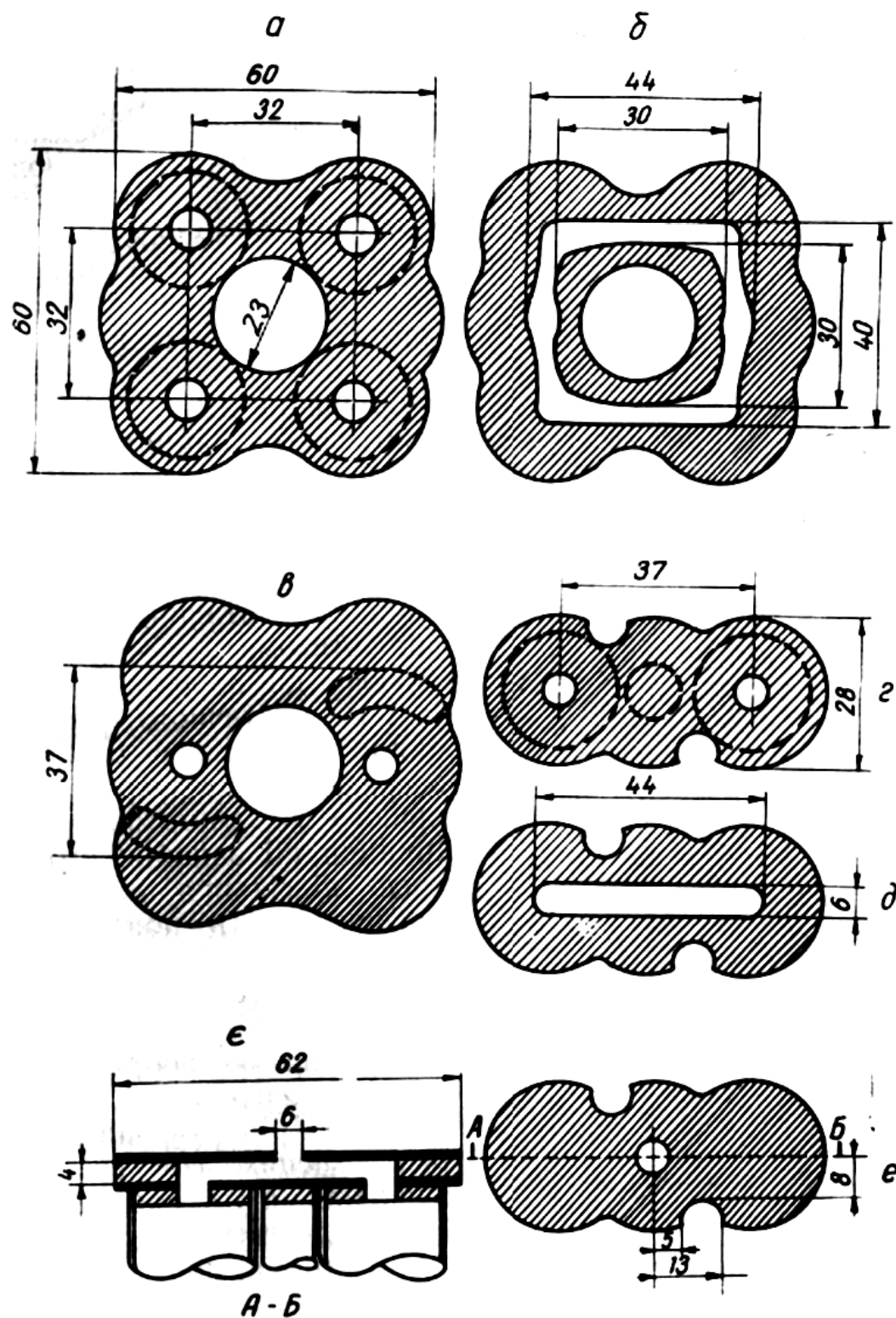


Рис. 64. Кришки першого та другого ступенів з каналами переходу вогню: а), б), в) — деталі кришки першого ступеня; г), д), е) — деталі кришки другого ступеня; е) кришка другого ступеня в розрізі.

в проміжках між обоймами маршових двигунів. Як відбувається розстикування другого та третього ступенів, можна зрозуміти з рис. 65.

На противагу першому й другому ступеням на останньому ступені стабілізатори розташовані за загальною розповсюдженою схемою біля штовхаючих двигунів. Це невеликі бальзові пластини, добре відшліфовані та вкриті шаром клею БФ-2. Два стабілізатори приклеюють просто до корпусу,

а два — до попередньо приклеєних дерев'яних напрямних рейок, що виходять за стабілізатор ще на 12 см і встановлюються в напрямні рурки другого ступеня.

Виготовивши та припасувавши один до одного всі три ступені, беремось до виготовлення автоматичних пристосувань. Автоматика ракети, не рахуючи дії порохових спалахів і автоматичного розстикування ступенів, в основному зосереджена на переході від першого до другого ступенів. Принцип дії запобіжного пристрою відсікання вогню вже пояснювався в попередньому розділі. Нам лишилося зрозуміти будову окремих деталей та їх взаємодію.

На рис. 66 зображені всі деталі та автомат у зібраному вигляді. Кріплять автомат у трьох місцях. На стопорний гачок надівають дротяне вушко, яке другим кінцем співпадає з отворами жерстяного хомутка. В ці отвори вставляють аварійну чеку (рис. 66,а). Нитка, прив'язана до неї, тягнеться на 10 м. Кінець

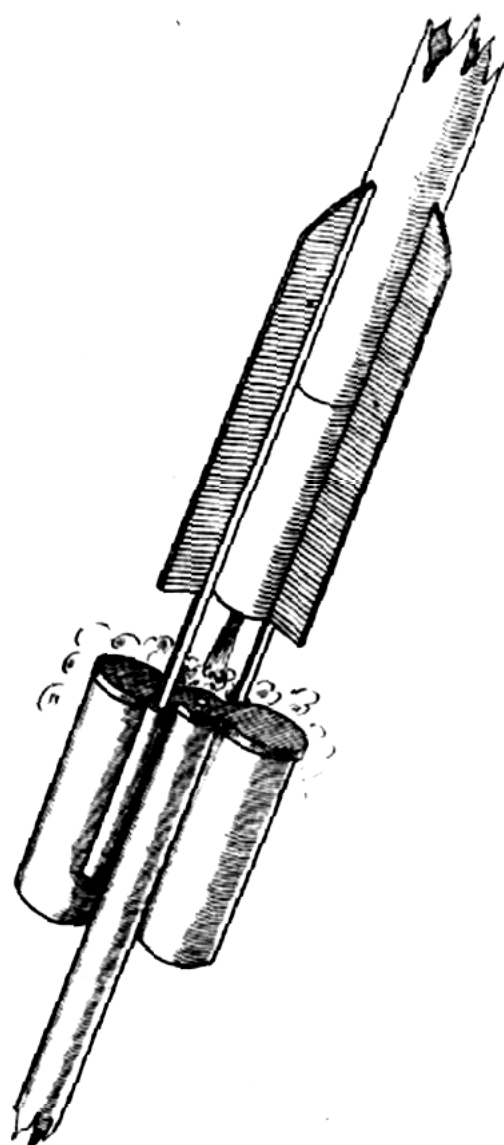


Рис. 65. Другий та третій ступені в момент розстикування.

її тримає член стартової команди, який відсікає вогонь при відмові половини двигунів першого ступеня.

При висмикуванні аварійної чеки гумова тяга в миттю повертає другий ступінь на певний кут, відводячи отвори сопел ракетних двигунів-прискорювачів другого ступеня від отворів каналу вогню. Жерстяний хомутик та вушко гумової тяги з'єднуються разом на кільцях, що закріплені на кронштейні за допомогою стартової чеки (рис. 66,б), яка за дротину прив'язана до основи стартової установки.

Якщо перший ступінь запрацює на повну потужність, витягне стабілізатор із заціпки й ракета піде вгору, тоді висмикнута стартова чека роз'єднає всі деталі автомата і вони впадуть, зіскочивши з гачків. Тільки після цього другий ступінь в польоті зможе розстикуватися з першим.

Дії автомата відсікання вогню може зашкодити люфт між корпусами першого та другого ступенів.

Щоб другий ступінь не хитався в отворі корпусу першого, на рурку другого ступеня слід наклеїти нешироку

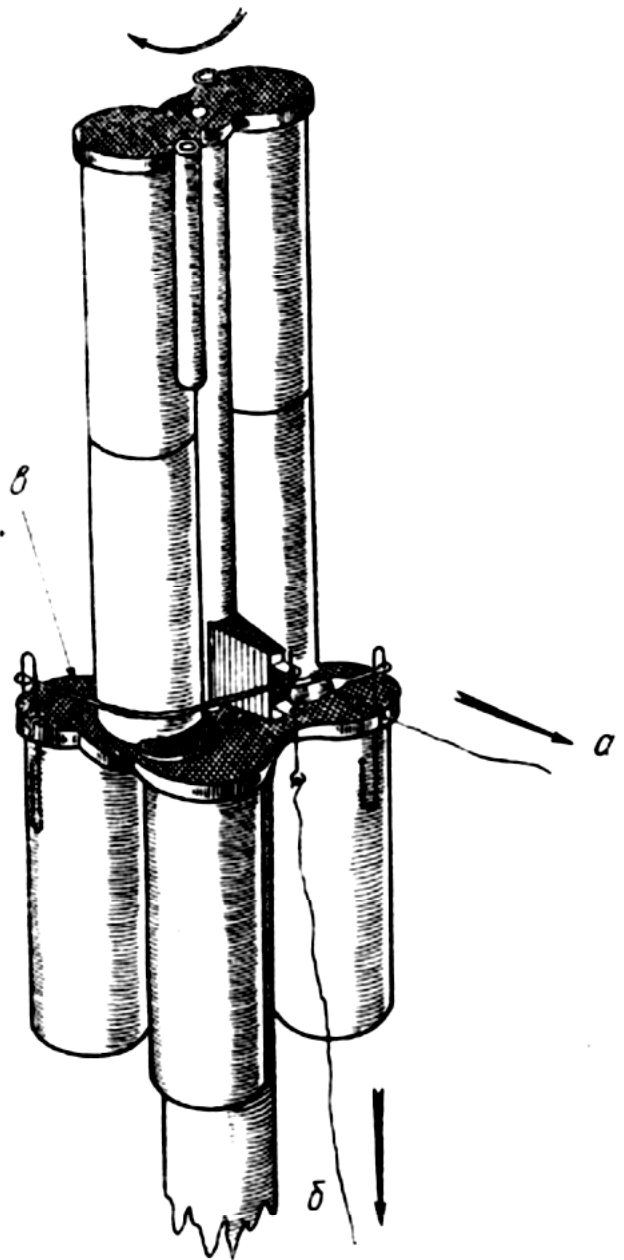


Рис. 66. Автомат відсікання вогню в зібраному стані: а) аварійна чека повороту другого ступеня для відсікання вогню; б) стартова чека; в) гумова тяга.

смужку паперу. Це потовщення дасть змогу встановити другий ступінь точніше по центру і цим забезпечити більшу надійність роботи всього пристрою.

При аварії після відсікання вогню всі чотири двигуни першого ступеня вистрілюються пороховими спалахами просто вниз. Деякі двигуни при цьому ще не закінчують процесу горіння.

Коли такі «вистріли» відбуваються на великій висоті, це не становить великої небезпеки. Поки гільзи летітимуть до землі, то завжди вигорять. Але коли це відбувається безпосередньо на стартовому майданчику — можуть бути небажані наслідки.

З метою безпеки біля основи стартової установки слід встановити вогнегасну камеру. Для цього можна використати старе відро без денця. Його перевертають догори, ставлять над основою стартового пристрою і засипають на сім-вісім сантиметрів піском або м'якою розпушеною землею. Тепер вистрілені недопрацьовані ракетні двигуни потраплятимуть у вогнегасну камеру і там догорятимуть.

Схема подібного запобіжного пристрою подана на рис. 67.

Нам лишилося ще розповісти про пристосування для безаварійного зниження відпрацьованих ступенів. Для

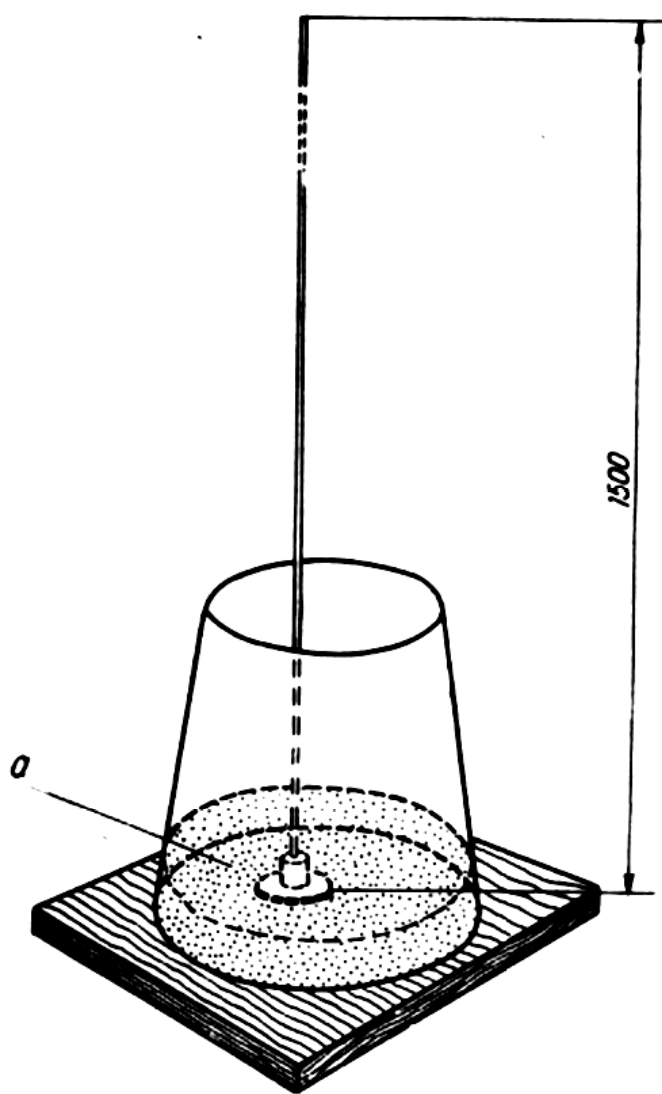


Рис. 67. Схема встановлення вогнегасної камери на стартовій установці: а) пісок або розпушена земля.

цього застосовувались так звані стрічкові парашути, тобто звичайні вимпели з стрічки довговолокнутого паперу завширшки 5—6 см і завдовжки 50 см, які розгортаються після відокремлення відпрацьованого ступеня. Затримуючи вільне падіння частини ракетної системи, вони одночасно вказують на місце її приземлення.

До вузьких сторін стрічки приклеюють бамбукові реечки завтовшки 2 мм. Стрічковий парашут згортають у невеликий рулончик. Цей рулончик за нитку прив'язують до передньої частини ступеня і вміщують у будь-який проміжок між обоймами ракетних двигунів.

Щоб він не обгорів від полум'я ракетних двигунів чергового ступеня, зверху його закривають вигнутим шматочком азбесту чи тонкої жерсті і притискають гумовою петлею, кінці якої надівають на дротяну чеку, приєднану до верхнього ступеня. При розстикуванні верхній ступінь висмикує чеку й гумова петля злітає, звільнюючи рулончик.

На останньому третьому ступені, якщо використовують не звичайний парашут, а пиловий сигнал (вільну частину корпусу над пижем заповнюють сажею або добре просушеним зубним порошком), такий самий рулончик вкладають зверху в корпус і до нього прив'язують не нитку, а гумовий амортизатор, до кінця якого разом з стрічковим парашутом прив'язують і обтічник, як у звичайної ракети, щоб пороховим спалахом не відірвало часом і парашут, і обтічник.

ЗА ДАЛЬШЕ ОВОЛОДІННЯ РАКЕТОМОДЕЛЬНОЮ СПРАВОЮ

Прочитавши цю книжку, юні читачі, можливо, захопляться побудовою та запуском моделей ракет, запишуться до ракетомодельного гуртка, щорічно братимуть участь у ракетомодельних змаганнях.

Шлях до великого завжди починається з малого. Можливо, перше дитяче захоплення ракетомодельованням визначить для декого й путівець у життя. Сподіваємось, що через якийсь десяток років зустрінемося з колишніми нашими читачами на ракетних полігонах, у лабораторіях і цехах біля справжніх ракет, випробувальних стендів та інших різноманітних приладів.

Але, починаючи з малого і потім оволодіваючи більш

складними проблемами, треба завжди дбати про найбільшу обізнаність з колом вирішуваних питань. Так само і в ракетомодельованні. Знати, як сконструювати, побудувати та правильно запустити ракетну модель, для справжнього ракетомоделіста замало. Треба ще знати, як оцінити її політ, тобто бути обізнаним з правилами ракетомодельних змагань.

Такі єдині правила ракетомодельних змагань уже існують. Кілька років тому вони були затверджені на засіданні Комітету по авіаційному моделізму Міжнародної авіаційної федерації (FAI), а потім включені до спортивного кодексу.

Подіємо їх стислі відомості.

Текст правил починається з головного — визначення, яку саме модель ми вважаємо моделлю ракети. За цим визначенням моделлю ракети є авіаційна модель, що підіймається в повітря лише під дією ракетного двигуна, не використовуючи аеродинамічної підіймальної сили (крил, повітряного гвинта тощо). Аеродинамічні поверхні (стабілізатори) дозволяється використовувати тільки для надання моделі стійкості під час польоту.

Модель ракети повинна мати пристрій для плавного зниження (це може бути парашут, пристрій для авторотації або крила для планірування) і має бути зробленою так, щоб після заміни ракетних двигунів її можна було запустити вдруге. Корпус її повинен бути виготовлений з неметалевих матеріалів. Для запуску під час змагань дозволяється використовувати лише ракетні двигуни на твердому паливі.

Польотна вага моделі ракети, що бере участь у змаганнях, не повинна перевищувати 500 г, а кількість пального в двигунах — 125 г.

Модель ракети може мати не більше трьох ступенів. Ступенем вважається частина ракетної моделі, що відокремлюється під час польоту і має один або кілька ракетних двигунів. Кожний відпрацьований ступінь повинен знижуватись на своєму парашуті (купольному або стрічковому). Останній являє собою стрічку розмірами 300×25 мм (вмпел), що знижується разом з відпрацьованим ступенем у розгорнутому стані.

Брати на модель як корисний вантаж вибухові та інші піротехнічні речовини заборонено.

Ракетний двигун для ракетної моделі, як уже було згадано, — це двигун на твердому паливі, всі складові частини

його горючої суміші повинні знаходитись у змішаному стані, готовому до застосування. Тяга одного або кількох ракетних двигунів, встановлених на моделі, не повинна перевищувати 100 н (ньютонів), а тривалість роботи бути не меншою 1/20 сек.

Одиниця сили (н/сек) в описах моделей у цій книзі не зустрічалась. *Ньютон* — одиниця сили в міжнародній системі величин, а *кг/сек* — одиниця сили в технічній системі величин. Вони мають таке співвідношення:

$$\text{н/сек} = 0,102 \text{ кг/сек.}$$

Отже, коли ми кажемо, що тяга ракетного двигуна дорівнює 1 кг/сек, то це буде приблизно 10 н/сек.

Повністю споряджена і підготовлена модель ракети стартує на змаганнях тільки з дозволу начальника старту або його заступника. Стартуючий (учасник змагань) за командою начальника старту провадить дистанційний запуск з відстані не менше 10 м за допомогою електрозапалу або якогось іншого способу, навіть радіокоманди.

Модель ракети повинна спочатку рухатись по штирю або іншому пристосуванню, доки її швидкість не забезпечить достатньої стійкості в польоті за допомогою аеродинамічних пристосувань (стабілізаторів). Нахил прямого пристосування до рівня горизонту в усіх випадках повинен бути не меншим 60°. Не дозволяється запускати моделі ракет по наземних або повітряних цілях, а також провадити випробувальні запуски поблизу місця офіційного старту.

Кожному учасникові змагань надається право зробити по два офіційні польоти. За політ вважається навіть випадок, коли стартуюча модель, одірвавшись від штиря, одразу падає на землю.

Перед початком змагань кожний учасник повинен зареєструватись сам і зареєструвати свою модель. Реєструється тільки одна модель, яка повинна мати на корпусі або стабілізаторі реєстраційний номер заввишки не менше 10 мм. Крім того, на моделі кожний учасник має право поставити свій напис, знак або національну емблему. Перед початком старту модель оглядає технічна комісія і дає дозвіл на старт.

Після польоту за вимогою суддів кожна модель має бути представлена суддівській колегії для повторного огляду. Політ моделі, яка на вимогу суддів не буде представлена для повторного огляду в призначений час, може бути дискваліфі-

кований. Дискваліфіковується модель і перед початком старту за висновками суддівської колегії, якщо не відповідає встановленим технічним вимогам або коли за висновками начальника старту чи його заступника її старт може бути небезпечним.

Особливо слід підкреслити важливість точного дотримання встановлених стартових правил, що забезпечують порядок проведення змагань. За порушення учасником змагань таких правил, а також за неспортивну поведінку політ моделі й самого учасника дискваліфікують і не допускають до дальших змагань.

Змагання між ракетними моделями провадяться з таких видів:

а) змагання з тривалості перебування в повітрі з парашутом;

б) змагання з висоти підйому корисного вантажу;

в) змагання з тривалості планірування ракетоплана.

У змаганнях з тривалості перебування моделей ракет у повітрі беруть участь одноступеневі моделі ракет з потужністю ракетного двигуна не більше 10 н. Стартова вага такої моделі не повинна перевищувати 85 г. Вона може мати один або кілька парашутів. Тривалість польоту такої моделі засікають на секундомірах не менше двох суддів-секундометристів з моменту відриву ракети від напрямного пристосування до торкання об землю будь-якої частини моделі ракети за винятком парашутного чохла або пижа.

Якщо модель залетіла на таку відстань, що не може бути представлена суддям для повторного огляду в попередньо встановлений час, політ її може бути не зарахований. При зниженні моделі може бути такий випадок, коли модель сховається за якусь перешкоду (високу будівлю тощо). Якщо судді вважають, що після цього модель може приземлитися, вони мають право зупинити секундоміри.

Коли ж модель знову з'явиться в полі зору летячи, секундоміри повторно вмикають аж до видимого приземлення моделі. Може бути й такий випадок, коли модель, залетівши дуже далеко, перестає бути видимою. При цьому секундоміри також зупиняють. Судді не повинні при спостереганні за польотом моделі користуватись біноклями та іншими пристосуваннями, що загострюють зір, за винятком звичайних окулярів або окулярів із світлофільтрами.

Змагання з висоти підйому з корисним вантажем проводяться по класах залежно від польотної ваги моделі, кількості стандартних корисних вантажів та величини тяги ракетних двигунів, або так званого польотного імпульсу. У відповідності з цими умовами моделі ракет для підймання корисного вантажу поділяються на такі класи:

| Клас | Імпульс $n/сек$ | Максимальна вага моделі в грамах | Кількість корисних вантажів |
|-----------|-----------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Одинарний | 0—10,0 | 90 | 1 |
| Подвійний | 10,1—40,0 | 180 | 2 |
| Відкритий | 40,1—80,0 | 500 | 4 |

Що являє собою стандартний польотний вантаж ФАІ, зазначений у вищенаведеній таблиці?

Це циліндр з свинцю, що має діаметр $19 \pm 0,1$ мм і вагу 28 г без будь-яких отворів і порожнин. До нього не можна кріпити ніяких інших деталей. Він вміщується всередині корпусу ракетної моделі або в його обтічнику, повинен легко вийматися звідти і під час польоту ракети не випадати.

Політ моделі, що знизилась без корисного вантажу, не зараховується. Модель споряджується парашутом для безаварійного зниження (тривалість зниження для моделей цього класу не має значення). Кращий польотний результат виводиться по максимальній висоті підйому.

Про способи вимірювання висоти підйому моделей ракет уже мовилося. Слід ще додати, що на відповідальних великих змаганнях, наприклад, республіканських або загальносоюзних, кути підйому моделі вимірюють спеціальними кутомірними приладами — теодолітами. Ними можна виміряти одночасно кут підйому і кут по горизонталі (азимут).

Точність вимірювання кутів повинна бути в межах $\pm 0,5^\circ$. Всі виміряні та обчислені висоти заокруглюються в метрах. База для вимірювання встановлюється не менше 300 м. Різниця в показах кутомірних приладів не повинна бути більшою 10%. Коли розходження наслідків вимірювань більше

10%, політ не зараховується. Вважається, що модель втрчена з поля зору.

В інших випадках береться середня арифметична ві одержаних величин і вважається офіційним результатом за пуску. З двох офіційних польотів береться кращий.

Згідно з правилами ракетомодельних змагань ФАІ існу ще один вид змагань — з максимальної висоти підйому бе корисного вантажу. Ракети вагою 60 г, 120 г, 240 г та 500 г і максимальним імпульсом від 0 до 5,0, від 5,1 до 10,0, від 10,1 до 40,0 і від 40,1 до 80,0 н/сек належать до I, II, III, IV класів. У практиці організації ракетомодельних змагань на Київщині ракети для підйому на максимальну висоту і ракети для піднімання корисних вантажів злилися в один вид змагань, а саме — підйом корисного вантажу на максимальну висоту. Моделі такого призначення й описані на сторінках цієї книги.

Нам лишилося тільки сказати дещо про змагання між моделями ракетопланів.

Кілька десятків років тому на перших авіамоделельних змаганнях або, точніше, на зльотах, що провадилися в 30-х роках, робилися спроби запусків моделей планерів з ракетними двигунами на твердому паливі.

Ці моделі свого часу також називалися ракетопланами. Але тепер подібна модель не була б допущена до змагань ракетопланів через те, що нинішній ракетоплан — це така сама ракета, як інші, набирає висоту вертикальним зльотом без допомоги аеродинамічної підйимальної сили і тільки у верхній точці підйому починає планувати за допомогою розгорнутих крил. Під час набору висоти такі крила вміщуються всередину корпусу ракети або притискаються до його боків.

Моделі ракетопланів також поділяються на чотири класи за вагою та імпульсом з такими обмеженнями:

| Клас | Польотний імпульс н/сек | Максимальна вага в грамах |
|----------|-------------------------|---------------------------|
| «Свіфт» | 0—5,0 | 60 |
| «Хок» | 5,1—10,0 | 120 |
| «Ігл» | 10,1—40,0 | 240 |
| «Кондор» | 40,1—80,0 | 500 |

Особливістю моделей ракетопланів є те, що вони можуть планувати окремо від корпусу. Корпус знижується окремо на купольному або стрічковому парашуті. Час його зниження до уваги не береться. Польотний час відраховують з моменту відриву моделі від штиря до торкання об землю самого ракетоплана.

Моделі ракетопланів, що набирають висоту за рахунок підіймальної сили по крутій висхідній або по спіралі, використовуючи крила, до змагання не допускаються. На ракетоплані дозволяється встановлювати різні автоматичні та телекеровані пристрої для утримання моделі під час планування на недалекій відстані від точки старту.

Крім участі в ракетних змаганнях на особисту або командну першість, кожний учасник змагань має право зробити спробу на побиття рекорду. Щоправда, боротьба за рекорди ще не набула такого масового характеру, як участь у розігруванні особисто-командної першості, але в майбутньому, без сумніву, і вона посіде належне місце.

Учасник змагань, що має бажання зробити спробу на побиття рекорду, повинен представити суддівській колегії відповідні документи: заявку на рекордну спробу, креслення моделі в масштабі з основними розмірами та чітку глянцевою фотокартку збільшеного формату з сфотографованою біля моделі лінійкою або іншим предметом з відомими розмірами, що дає змогу встановити дійсну величину моделі.

Результати рекордної спроби повинні зафіксувати трое суддів, про що складається спеціальний акт. Крім того, якщо робилась спроба встановити рекорд висоти підйому, засвідчуються й записуються чорнилом покази кутомірних приладів, зазначається їх система, клас точності, а також в усіх випадках зазначається марка ракетних двигунів та їх завод-виготовлювач.

Рекорд вважається встановленим, коли він перевищив попередні не менш як на один процент.

Якщо робилась спроба встановити рекорд на тривалість перебування в повітрі моделі ракети з парашутом, то, крім масштабного креслення моделі ракети, додається ще й креслення парашута (одного або кількох, які застосовувались на моделі).

Знання правил суддівства ракетомодельних змагань, а також технічних вимог до моделей ракет, які допускаються до

участі в змаганнях, у край необхідне не тільки членам судівської колегії та керівникам ракетомодельних гуртків. Ними повинен оволодіти кожен ракетомоделіст. Тільки тоді його конструкторська, спортивна чи експериментальна робота проходитиме цілком свідомо без прикрий непорозумінь. Адже дуже часто велика підготовча робота ракетомоделістів зводиться нанівець, бо конструкції моделей-ракет в чомусь не відповідають технічним вимогам та умовам запуску і через це моделі не можуть брати участі в змаганнях.

З М І С Т

| | |
|---|------------|
| Ракетні двигуни | 5 |
| Ракетні двигуни на твердому паливі | 13 |
| Найпростіші моделі ракет із зниженням на парашуті | 25 |
| Двоступенева модель ракети з двигуном на твердому паливі і зниженням на парашуті | 39 |
| Модель ракети для підйому корисного вантажу | 43 |
| Модель авторотуючої ракети типу «Парасолька» | 50 |
| Ракетоплани | 57 |
| Модель ракетоплана типу «Качка» | 65 |
| Модель ракети з пневмогідравлічним двигуном | 70 |
| Модель-копія космічного корабля «Восток» | 82 |
| На висоту двох кілометрів | 92 |
| Поради щодо виготовлення ВР-5 | 101 |
| За дальше оволодіння ракетомодельною справою | 107 |