

## Комментарии к системе оценок

За ответ на каждый вопрос может быть получено следующее количество баллов  $B_i$ :

0 баллов – ответ на вопрос или решение задачи отсутствуют;

1 балл – задача не решена, ответ на вопрос не получен, но проблеск мысли в сумеречном сознании был замечен;

2 балла – исходные данные и ход решения верные, но «что-то пошло не так»...;

3 балла – задача решена верно, но «не дожата». Например: расписали, какие газы можно использовать для аэростата, но так и не выбрали какой именно, всё-таки разница между водородом и гелием весьма существенна. Или: определена тяга двигателей самолёта, но она не переведена в мощность в л.с.;

4 балла – задача решена верно, числовые значения соответствуют ожидаемым, ответ на вопрос получен исчерпывающий.

Таким образом, 4 балла – **максимально возможный** результат. Но, начав знакомиться с работами команд, жюри решило ввести ещё одну оценку:

5 баллов – супермега бонус «Привет, коллега!». Присваивается в тех случаях, когда люди, что называется, «впёрлись в решение» и пошли дальше, чем предполагалось автором задач. Например: при расчёте мощности двигателя Карлсона после получения этой самой мощности бала проведена оценка массы двигателя. После этого выполняется вторая итерация расчёта – определение потребной мощности, исходя из массы самого Карлсона и двигателя. А ведь ещё можно учесть массу винта, несущей ранцевой системы и т.д.

Далее полученные баллы умножаются на удельный вес  $\gamma_i$  — параметр, который учитывает сложность вопроса или задачи. Получается оценка во взвешенных баллах:

$$B_{\text{взвеш. } i} = \gamma_i B_i.$$

Сумма взвешенных баллов даёт результат команды:

$$P = \sum B_{\text{взвеш. } i}.$$

## Задача 1

### 1.1 Какие газы можно использовать для заполнения шарика? Какой газ выберете вы и почему?

При всём богатстве выбора – газов легче воздуха насчитывается несколько десятков – в практической аэронавтике используются только гелий и водород, что объясняется их наименьшей плотностью. Этот ответ тривиален и он оценивается всего в **2 балла**.

На **3 балла** надо сделать выбор в пользу гелия, объяснив это взрывоопасностью водорода, приведя в качестве примера катастрофу дирижабля «Гинденбург» в 1937 году. Однако для того, чтобы заработать **4 балла**, необходимо дать развёрнутый ответ и проанализировать достоинства и недостатки применения гелия в качестве несущего газа. А при всех достоинствах гелия как «благородного газа», недостатки у него тоже есть, критичными из которых для воздухоплавания являются два.

1. Несмотря на то, что гелий по распространённости во Вселенной занимает второе место после водорода и является поистине одним из кирпичей мироздания, в земных условиях запасы гелия: а) ограничены; б) рассеяны; в) трудно извлекаемы. Это приводит к высокой стоимости газа, которого для наполнения аэростатов как раз требуется в больших количествах. Сравните цену гелия для праздничных воздушных шариков с ценой технического водорода. Она выше в пять раз. И это всего лишь гелие-воздушная смесь, на которой далеко не улетишь. Чего уж говорить о технически чистом гелии... Знание этого момента является мостиком к ответу на вопрос 1.4.
2. Гелий, как одноатомный газ, обладает повышенной проникающей способностью. Гелий мало того, что трудно добыть, так его ещё и трудно удержать в каком-то физическом объёме. Недаром в аэрокосмической промышленности гелий в основном применяется как рабочее тело при испытаниях на герметичность. Это свойство гелия приводит к сложностям в производстве оболочек для гелиевых аэростатов и дирижаблей и их высокой стоимости. Опять же, сравните цену обычных воздушных шариков из латекса с ценой лавсановых оболочек для гелиевых шаров. Разница на два порядка!

Поэтому воздухоплаватели не оставляют попытки использовать водород как дешёвый газ, и одно из возможных решений – применение водородо-гелиевых смесей. Это ответ продвинутых на **5 баллов**.

Удельный вес вопроса – 0,75.

### 1.2 Каким должен быть диаметр шара?

Никаких молекулярно-кинетических теорий, Менделеевых-Клапейронов, чисел Авагадро и постоянных Больцмана! Оставим это всё умным людям, которые в этом разбираются. Инженер – обычный человек, в прошлом – школьник и выпускник ВТУЗа, который, как и положено нормальным людям, забыл всё, о чём ему говорили, как только покинул стены соответствующего учебного заведения. В смутных воспоминаниях осталось только

вдолблённое: «На тело, погружённое в жидкость или газ, действует выталкивающая сила, пропорциональная вытесненному объёму жидкости или газа». По традиции школьных учебников эту силу называют «архимедовой»:

$$F_A = \rho g V,$$

где  $\rho$  - плотность жидкости или газа;

$g$  - ускорение свободного падения, фактически – коэффициент пропорциональности;

$V$  - объём вытесненной жидкости или газа.

В случае «воздушного» шара

$$F_A = \rho_{\text{возд.}} g V_{\text{шара}},$$

где  $\rho_{\text{возд.}}$  - плотность воздуха,

$V_{\text{шара}}$  - объём шара.

«Воздушный» взяли в кавычки, потому что в нашем случае это не «воздушный шар», а – гелиевый аэростат. Но, для простоты, везде в формулах мы будем писать «шар».

Для висения в воздухе должно выполняться уравнение:

$$F_A = G_{\text{шара}} \quad (1),$$

где  $G_{\text{шара}}$  - вес (сила тяжести) шара.

$$G_{\text{шара}} = m_{\text{взл.}} g \quad (2),$$

где  $m_{\text{взл.}}$  - взлётная масса шара.

Взлётная масса состоит из основных компонентов:

$$m_{\text{взл.}} = m_{\text{пн}} + m_{\text{не}} + m_{\text{обол.}} \quad (3),$$

где  $m_{\text{пн}}$  - масса полезной нагрузки, т.е. масса Винни Пуха,

$m_{\text{не}}$  - масса заключённого в оболочке гелия, который и создаёт вытесняющий объём,

$m_{\text{обол.}}$  - масса оболочки.

С учётом (2) и (3) уравнение (1) примет вид:

$$\rho_{\text{возд.}} g V_{\text{шара}} = g(m_{\text{пн}} + m_{\text{не}} + m_{\text{обол.}}) \quad (4).$$

Поскольку  $m_{\text{обол.}}$  нелинейно зависит от  $V_{\text{шара}}$ , то для упрощения уравнения (4) обычно принимается, что  $m_{\text{обол.}} = 0$ . Сократив обе части (4) на  $g$ , получим:

$$\rho_{\text{возд.}} V_{\text{шара}} = (m_{\text{пн}} + m_{\text{не}}) \quad (5).$$

Преобразуем (5) и выразим  $V_{\text{шара}}$ :

$$\rho_{\text{возд.}} V_{\text{шара}} = m_{\text{пн}} + \rho_{\text{не}} V_{\text{шара}},$$

$$\rho_{\text{возд.}} V_{\text{шара}} - \rho_{\text{не}} V_{\text{шара}} = m_{\text{пн}},$$

$$V_{\text{шара}} = \frac{m_{\text{пн}}}{\rho_{\text{возд.}} - \rho_{\text{не}}} \quad (6).$$

Определим численное значение  $V_{шара}$ . Для этого по таблице значений стандартной атмосферы /1/ для высоты  $H = 0$  м находим плотность воздуха:  $\rho_{возд.} = 1,255 \text{ кг/м}^3$ ; в другой справочной литературе /2/ – плотность гелия:  $\rho_{He} = 0,178 \text{ кг/м}^3$ . Проконтролировав размерность подставляемых значений, считаем:

$$V_{шара} = \frac{50}{1,225 - 0,178} = 47,75 \text{ м}^3.$$

Из объёма шара получим его диаметр.

$$V_{шара} = \frac{\pi D_{шара}^3}{6},$$

откуда

$$D_{шара} = \sqrt[3]{\frac{6 V_{шара}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 47,75}{3,14}} = 4,50 \text{ м.}$$

Если вы получили близкое к этому значение, значит, вы заработали **3 балла**.

Теперь давайте поймём, можно ли так легко и непринуждённо выкидывать массу оболочки из расчёта, для чего численно оценим этот параметр.

Площадь оболочки шара:

$$S_{шара} = \pi D^2 = 3,14 \cdot 4,50^2 = 63,6 \text{ м}^2.$$

Для отечественной полиэфирной ткани С42 погонная масса составляет  $m_n = 80 \text{ г/м}^2$ . Таким образом, масса оболочки шара равна:

$$m_{обол.} = m_n S_{шара} = 80 \cdot 63,6 = 5088 \text{ г} \approx 5,1 \text{ кг.}$$

Полученное значение составляет 10% от массы полезной нагрузки. Что и говорить – многовато. В инженерной практике принято пренебрегать 3-5% расчётного параметра, но не более того. А ведь помимо оболочки шара, Винни Пуха ещё надо куда-то поместить – в корзину или в ранцевую систему, снабдить амортизацией на случай аварийной посадки и подцепить всё это к оболочке тросовой обвязкой. Т.е., возникает такой параметр, как масса конструкции аэростата. Давайте примем, что масса конструкции составит 20% от массы полезной нагрузки и учтём это соответствующим коэффициентом в формуле (6). Проведём вторую итерацию расчёта шара.

$$V_{шара} = \frac{1,2 m_{пн}}{\rho_{возд.} - \rho_{He}} = \frac{1,2 \cdot 50}{1,225 - 0,178} = 57,3 \text{ м}^3.$$

$$D_{шара} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 57,3}{3,14}} = 4,78 \text{ м.}$$

Примем с запасом, что  $D_{шара} = 4,9$  м. Можно было бы принять и красивые 5 м, но, кто знает, вдруг Пух ограничен в финансовых средствах, а мы одним росчерком пера об-

рекаем его на покупку излишних кубометров гелия. Про экономику тоже надо помнить при решении инженерных задач.

Пересчитаем объём шара с принятым диаметром, он нам ещё пригодится:

$$V_{шара} = \frac{3,14 \cdot 4,9^3}{6} = 61,6 \text{ м}^3 .$$

Итак, если вы постарались учесть массу конструкции шара (как мы, оттолкнувшись от массы оболочки, полученной после первичного расчёта, или, например, проведя статистическое исследование относительных масс воздушных шаров), то такой подход достоин **4-х баллов**. А если бы кто-то решил задачу в несколько итераций, после каждой уточняя массу оболочки до полной сходимости, когда результат расчёта на предыдущей итерации равен результату следующей, то за это были бы получены запредельные **5 баллов**.

Удельный вес вопроса – 2,50.

### 1.3 На какую максимальную высоту можно подняться на шаре определённого вами диаметра?

Поскольку расчёт по формуле (6) вёлся для нулевой высоты, а потом диаметр шара был округлён в большую сторону, то понятно, что шар обретёт статическое равновесие на некой большей высоте, чем «уровень моря». На какой же?

Из (5) определим плотность воздуха, при которой наступит равновесное состояние:

$$\rho_{возд.} = \frac{1,2m_{пн} + V_{шара} \rho_{He}}{V_{шара}} = 1,2 \frac{m_{пн}}{V_{шара}} + \rho_{He} = 1,2 \frac{50}{61,6} + 0,178 = 1,152 \text{ кг/м}^3 .$$

По таблице значений стандартной атмосферы /1/ находим, что такая плотность воздуха находится между высотами  $H = 300 \text{ м}$  с плотностью  $\rho_{возд.} = 1,154 \text{ кг/м}^3$  и  $H = 400 \text{ м}$  с плотностью  $\rho_{возд.} = 1,143 \text{ кг/м}^3$ . Так как рассчитанная плотность лежит ближе к 300 м, то можно заключить, что шар поднимется на высоту 300 с небольшим метром. Этого достаточно, чтобы получить **4 балла**.

На **5 баллов** высоту можно уточнить, например, линейной аппроксимацией.

Падение плотности на единицу высоты составит:

$$\Delta \bar{\rho} = \frac{\Delta \rho}{\Delta h} = \frac{1,143 - 1,154}{400 - 300} = -0,00011 \text{ кг/м}^3 .$$

Разница высот между искомой точкой и 300м:

$$\Delta h = \frac{\Delta \rho}{\Delta \bar{\rho}} = \frac{1,152 - 1,154}{-0,00011} = 18 \text{ м},$$

а искомая высота подъёма  $H = 300 + 18 = 318 \text{ м}$ . В принципе, вполне хватит, чтобы слетать до высоты дупла и обратно, даже если это – «высокий-превысокий дуб».

Удельный вес вопроса – 1,00.

#### 1.4 Как регулировать высоту подъёма шара и обеспечить плавную посадку? Не стрелять же каждый раз по оболочке шара с риском промазать и попасть в известное место главного героя...

Почему-то все подумали, что сбрасывать дорогостоящий газ-носитель в атмосферу – это хорошее инженерное решение. Да, такой подход существует, но он только на **2 балла**.

Кстати, вопрос был про регулирование высоты полёта, т.е. не только про её уменьшение, но и про увеличение тоже. Из формулы (1) видно, что при фиксированном значении  $F_A$  сместить баланс в сторону подъема шара можно только за счёт уменьшения  $G_{шара}$ , т.е. сбрасыванием балласта. Этим приёмом и пользовались испокон веков воздухоплаватели, подвергая мирных граждан бомбардировкам пудовыми мешками с песком или граду свинцовой дроби, которая сбрасывалась из гондол обычной лопатой. Поэтому ответ на **3 балла** звучит так: высота полёта шара увеличивается сбрасыванием балласта, уменьшается – стравливанием газа-носителя. В целом, неудачное техническое решение, ибо что делать, когда кончится и то, и другое?

Внимательный же наш читатель заметит, что речь идёт о простом вертикальном подъёме, который осуществляется применением привязной системы из троса и лебёдки с барабаном на земле. И Пятачок должен не с ружьём бегать, паля в белый свет, а стоять за лебёдкой и зарабатывать свои **4 балла**. Правда, в задачах 1.2 и 1.3 возникает необходимость учесть массу троса, которая, к тому же, является переменной величиной...

Ну, а на **5 баллов** нужно блеснуть эрудицией и отметить современную тенденцию применения бортовых систем сжатия и хранения газа-носителя, а также баллонетов переменного объёма под общей оболочкой «жесткого» типа. В таком случае регулирование высоты полёта осуществляется за счёт изменения  $V_{шара}$  без всяких потерь газа.

Удельный вес вопроса – 0,75.

## Задача 2

### 2.1 Определить диаметр аэростата проекта *Wild View*

Определение проектных характеристик аэростата, предназначенного для полёта в стратосферу на высоту 30-50 км – сложнейшая конструкторская задача. Дело в том, что на таких высотах радикально меняются все параметры атмосферы: давление, температура, плотность и др. Большое значение приобретают другие факторы: нагрев газа-носителя под действием солнечного излучения, масса оболочки, механическая прочность оболочки и её газонепроницаемость.

Всё это приводит к тому, что стратостат стартует с поверхности Земли в так называемом «невыполненном» состоянии, когда объём газа-носителя меньше объёма оболочки, и шар выглядит не шаром, а сморщенной колбаской. По мере подъёма на высоту и падения атмосферного давления, газ под оболочкой начинает расширяться, оболочка приобретает форму, близкую к идеальной сфере – стратостат переходит в «выполненное» состояние. Дальше газ, ограниченный оболочкой, начнёт сжиматься по отношению с окружающей средой, его несущая способность за счёт увеличения плотности будет уменьшаться, а сама оболочка нагрузится внутренним давлением на разрыв. Чтобы этого избежать, предохранительные клапаны стравливают излишки газа в атмосферу. А как садиться будем, если мы весь газ оставим здесь – на высоте? Сбрасывать балласт, но сколько и когда? Может, уже пора браться за лопату?

В общем, как и положено в космической и околокосмической технике – всё очень сложно. Здесь уже без Менделеевых-Клапейронов, Авагадро и других умных парней с компьютерами не обойдёшься. Недаром увлечение стратостатами в тридцатых-пятидесятых годах прошлого века сопровождалось авариями и катастрофами практически в каждом полёте, а возвращение интереса к стратостатной тематике происходит прямо на наших глазах, здесь и сейчас, но уже на новом научно-технологическом уровне 21-го века. И рассматриваемый нами проект – один из таких примеров.

Но от вас, аэрокосмических инженеров среднего школьного возраста, решения задачи «по-взрослому» и не требуется. Давайте останемся в рамках закона Архимеда и просто выясним, какой объём воздуха нужно вытеснить на высоте 30 км, чтобы удержать гондолу с космическими туристами. Из формул (1) и (2) следует:

$$\rho_{\text{возд.}} V_{\text{шара}} = m_{\text{пн}},$$

откуда

$$V_{\text{шара}} = \frac{m_{\text{пн}}}{\rho_{\text{возд.}}}.$$

Здесь основной вопрос – где взять массу полезной нагрузки, ведь в сообщении говорится только о двух членах экипажа и шести пассажирах? Нужно поискать информацию о похожих конструкциях. Наиболее свежий и близкий пример – стратостат «Red Bull», который использовался в серии рекордных парашютных прыжков Феликса Баумгартнера в 2012г. Информация по этому проекту хорошо представлена в интернете, в частности,

можно найти, что взлётная масса гондолы «Red Bull» составила 1400кг. Итак, масса полезной нагрузки, приходящейся на одного человека:

$$\bar{m}_{1 \text{ чел.}} = \frac{m_{\text{взл.}}}{n_{\text{чел.}}} = \frac{1400}{1} = 1400 \text{ кг/чел.} \quad (7)$$

Много это или мало? Хорошо бы привести ещё какие-либо примеры для сбора статистических данных. Но, как водится в интернете, при всём кажущемся обилии информации, ничего конкретного не найти. В частности, к сожалению, нет данных по трехместному советскому стратостату «СС-Волга» – одному из немногих многоместных стратостатов, который реально летал.

Однако, присмотревшись, мы поймём, что гондолы стратостатов, как по назначению – обеспечение выживания человека в условиях ближнего космоса, – так и чисто внешне, напоминают спускаемые аппараты пилотируемых космических кораблей. Например, масса СА ПКК «Союз ТМА» – 2900 кг в конфигурации для троих членов экипажа. Приведённая масса на одного человека составит:

$$\bar{m}_{1 \text{ чел.}} = \frac{m_{\text{взл.}}}{n_{\text{чел.}}} = \frac{2900}{3} \approx 970 \text{ кг/чел.} \quad (8)$$

Числа довольно близки. Разумеется, мы понимаем, что спускаемый аппарат – не гондола для космических прогулок. Он испытывает нагрев при торможении на входе в плотные слои атмосферы, а значительную часть его массы составляет аблирующая (т.е., сгораемая и уносимая) донная защита. Но и гондола для космических прогулок обещает нам нечто другое: витражные панорамные иллюминаторы (которые, кстати, должны быть покрытые чистым золотом для задержки космических лучей), отдельные каюты с барными стойками и прочие «излишества». Так что, в нашем случае есть, где «нарасти» ненужной массе по сравнению с космическим кораблём. Поэтому считаем, что значение (7) похоже на правду.

Итак, определились:

$$m_{\text{ПН}} = n_{\text{чел.}} \bar{m}_{1 \text{ чел.}} = 8 \cdot 1400 = 11200 \text{ кг.}$$

По всё той же таблице значений стандартной атмосферы для высоты  $H = 30\,000$  м находим плотность воздуха:  $\rho_{\text{возд.}} = 0,0176 \text{ кг/м}^3$ . Заметили разницу в значениях плотности на три порядка по сравнению с нулевой высотой? Считаем потребный объём вытесняемого воздуха и принимаем, что это и есть объём нашего шара:

$$V_{\text{шара}} = \frac{11200}{0,0176} = 636363 \text{ м}^3 .$$

Диаметр шара:

$$D_{\text{шара}} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 636363}{3,14}} = 107 \text{ м.}$$

Мы понимаем, конечно, что поскольку мы не учли массу гелия на формирования такого объёма вытеснения, массу оболочки и ещё много чего, то истинный диаметр шара



будет больше. Но мы дали экспертный ответ на вопрос: в чём измеряется диаметр шара данного проекта: в десятках метров, сотнях или километрах? Не в километрах конечно же, но тоже немаленький, Винни Пух со своими пятью метрами отдыхает.

Отдохнём и мы, оттерев пот со лба и поставив себе, любимым, **4 балла**.

Удельный вес вопроса – 2,00.

## **2.2 Посчитайте стоимость оболочки шара. Для расчёта примем, что стоимость единицы площади оболочки шара аналогична такому же параметру современного спортивного парашюта-крыла.**

Определим площадь оболочки шара:

$$S_{шара} = \pi D^2 = 3,14 \cdot 107^2 = 35950 м^2.$$

Стоимость высокотехнологичной оболочки для стратостата автору найти не удалось, но повезло наткнуться на российского производителя оболочек для тепловых аэростатов, который изготавливает их из корейской ткани Taffeta-190T. Из прайс-листа производителя следует, что изготовление оболочки «под ключ» обходится в среднем в 500р. за  $м^2$ . Цена оболочки для шара наших размеров:

$$C_{обол.} = 500 S_{шара} = 500 \cdot 35950 = 17975000 \text{ руб.} \approx 18 \text{ млн. руб.}$$

Уже не мало – чувствуется космический размах. При этом мы отдаём себе отчёт, что одно дело – ткань на обычный тепловой воздушный шар, другое – суррероболочка на гелиевый стратостат толщиной 4 мкм, с повышенной механической прочностью, газонепроницаемостью, стойкостью к различным видам излучения и т.д. и т.п. Думается, цену такой оболочки можно смело увеличивать в разы, одно напыление серебра для повышения отражающей способности ультрафиолетовых лучей чего стоит.

Наверное, вы догадались, что смысл данного вопроса – убедиться, пусть и на основе примитивного расчёта, в том, что там, где возникает космическая идея, сразу же возникает и соответствующая ей космическая сумма денег. Насчитали космических денег – верных вам, но земных **4 балла**.

Удельный вес вопроса – 1,00.

## **2.3 Сформулируйте технические риски этого проекта**

Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо хоть немного познакомиться с историей стратосферных полётов, и тогда все технические риски станут очевидны. Наиболее важные из них.

1. Атмосферные условия в районе старта. Основной фактор – отсутствие ветра на всех высотах полёта. Нам предстоит собрать огромную нежесткую конструкцию, включая уже расправленный парашют-крыло, и подняться на ней на большую высоту, преодолев не только тропосферные слои, где идёт постоянное перемешивание холодных и тёплых масс воздуха, но и участок стратосферных бурь на высоте 13-15 км с установившимися потоками воздуха со скоростью 150-200 км/ч. И, несмотря на то, что воздух на этих высотах

уже сильно разрежен, большая скорость его перемещения приводит к формированию значительного по величине скоростного напора, воздействующему на конструкцию.

Ветер может раскачать стратостат с подвеской, введя её в колебательные режимы и опасные резонансы, создать динамические нагрузки, превышающие расчётные значения, и разорвать нежную оболочку. Подвеска гондолы закрутится вокруг своей оси, стропы спутаются, парашют потеряет свою конфигурацию и не сможет штатно расцепиться и наполниться. И, наконец, сама оболочка под воздействием скоростного напора сдеформируется, потеряет свою сферическую форму (в профессиональной терминологии – «получит ложку»), а газ выдавится через систему предохранительных клапанов и будет потерян. Все эти явления не раз приводили стратостаты к авариям и катастрофам, и, что самое печальное, они неустранимы на конструктивном уровне.

Помимо ветра, важным параметром атмосферы является влажность. Посмотрите на современные рекламные фото полётов дирижаблей или воздушных шаров. Они все проходят на фоне изумрудного неба и сияющего солнца без малейших признаков какого-либо облачка на небе. Случайность? Отнюдь нет. Попадание аппарата легче воздуха в облачность с повышенной влажностью может привести к фатальным последствиям. Лёд, севший на элементы конструкции, в лучшем случае нарушит дифферентовку стратостата и затруднит управление им, в худшем – резко увеличит полётную массу, аппарат потеряет свою плавучесть и камнем полетит на землю, а запаса балласта на нём не хватит, чтобы исправить ситуацию. Вот вам типовой сценарий катастрофы любого аэростата, и одна из первых из этого ряда – гибель шара «Орёл» при попытке достичь Северный полюс воздушным путём.

Все эти моменты приводили к тому, что воздухоплаватели-стратонавты сидели неделями и месяцами в предстартовой готовности и ждали у неба погоды, периодически попуская небольшие шары-зонды для разведки воздушных течений на высоте. Как вам такой бизнес? Наверное, в современных условиях можно ещё найти безлюдное место для старта, где 360 дней в году светит солнце, и тишь да гладь. Где-нибудь в пустынях Небраски или Колорадо, потому что в солнечной Калифорнии места свободного не осталось. Но, согласитесь, элемент неопределённости для космического путешественника присутствует, потому что, «как назло, именно в тот день...». А рентабельность такого бизнеса напрямую зависит от погоды.

2. Процесс наполнения оболочки гелием – отдельная техническая проблема, состоящая из множества своих аспектов. Одна только вывеска огромной оболочки для распрямления чего стоит. Не будем углубляться в эти проблемы, отметим только, что вся эта предстартовая подготовка также требует нескольких часов абсолютно штилевой погоды и ещё больше расширяет границы необходимого окна метеоусловий.

3. Непонятна судьба оболочки после отцепления парашюта с капсулой. Разумеется, с современным уровнем развития средств навигации и дистанционного управления её посадят и не потеряют. Но куда конкретно? В лес, поле, на горный массив или в прерию с кактусами? На какую подстилающую поверхность упадёт эта простынь размером в несколько футбольных полей, и что с ней случится в плане механических повреждений? Сработают ли приводы разрывных полотнищ ещё до контакта с землёй, и всё это грохнет-

ся с высоты нескольких сот метров или, наоборот, оболочку потащит ветром по пням, кореньям и сухостою, пока автоматика не сообразит, что «кажется, мы приземлились» и пора выпустить газ?

Как будут эвакуировать оболочку с места падения, выкладывать и сворачивать её? Как будет выполняться контроль герметичности и сохранения прочностных характеристик, определяться остаточный ресурс?

Сложность реализации всех этих мероприятий, обусловленная исполинскими размерами оболочки, наталкивает на мысль об одноразовом характере применения этой материальной части. Цену вопроса мы уже прикинули в п. 2.2 и встаёт следующий вопрос об адекватности этого проекта как бизнес-идеи: он затевается для извлечения прибыли от запусков, или для выстилания окрестных пустынь серебристой плёнкой и сброса дорожного гелия в атмосферу за счёт доверчивых инвесторов?

4. Как будет выполняться спасение людей в случае развития аварийной ситуации? Есть ли запасной парашют или, как на космических кораблях, – ракетный блок аварийного спасения? Может быть, создатели проекта полагаются на известный принцип гражданской авиации, что спасать всех всё равно бесполезно, и все усилия конструкторов сосредотачиваются на обеспечении безотказной работы техники. Но техника тут какая-то тряпично-веревочная, от ветра и туч зависящая, и, посему, доверия не вселяющая...

Можно продолжать критиковать и дальше, но, может, кому-то станет интересно: а есть ли достоинства у такого сомнительного проекта? На наш взгляд – есть, одно, но настолько существенное, что может перекрыть все недостатки.

Стратостатный подъём – единственный способ побывать на границе ближнего космоса без характерных для космической техники скоростей и перегрузок. К космическим путешественникам (а это, как правило, состоятельные – см. цену на билет – люди в возрасте) не предъявляются какие-либо специальные требования к их физической форме, а сам полёт обещает комфорт, сравнимый с комфортом на борту дирижаблей графа фон Цеппелина и недостижимый с тех пор ни на какой летающей технике.

Удельный вес вопроса – 2,00.

### Задача 3

**3.1** Какова потребная мощность двигателя (в л.с.) Карлсона в режиме вертикального взлёта и висения? Напомним, что Карлсон – небольшого роста «меру упитанный мужчина в самом расцвете сил», поэтому его массу определим в 75 кг.

Для ответа на этот вопрос нужна помощь старшего товарища, который даст подержать в руках какую-нибудь книжцу /3/ по практической аэродинамике. В этих книжках приводятся эмпирические (т.е., определённые экспериментальным путём) формулы. Типа такой:

$$T = (\alpha N D)^{\frac{2}{3}}, \quad (9)$$

где  $T$  – тяга винта, кг;

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий «воздушную подушку» и условия работы винта, изменяется от 15 до 25, мы примем середину этого диапазона  $\alpha = 20$ ;

$N$  – мощность в л.с.;

$D$  – диаметр винта, м, выбор этого параметра вынесен в отдельный вопрос 3.2, принимаем  $D = 0,8$  м.

Приравняем тягу к весу Карлсона, выразим из (9) мощность и вычислим её:

$$N = \frac{\frac{2}{3}\sqrt[3]{G}}{\alpha \cdot D} = \frac{\frac{2}{3}\sqrt[3]{75}}{20 \cdot 0,8} = 39 \text{ л.с.} \quad (10)$$

Если вы получили какое-то близкое значение – вам **3 балла**.

Если получили что-то типа 6...10 л.с. – значит, вам подсунули книгу про самолёт, а не вертолёт, и вам **2 балла** за невнимательность.

Для катания Карлсона по земле хватило бы и заурядной кобылы, весом ... (вы знаете, сколько весит настоящая живая лошадь?). А тут – 39 л.с. – целый табун – такова цена желаний летать по небу, аки ходить посуху. Причём без устали выдающих по 750 ватт каждая, при собственной массе не более 1 кг...

Стоп! Мы ничего не забыли? Точно, надо как-то учесть массу силовой установки, в которую входит двигатель, топливный бак с арматурой, винт с ограждением и ранцевая подвеска, и массу топлива. К сожалению, весовой статистики по «карлсонам» у нас нет. Но можно прикинуть удельную мощность – отношение мощности двигателя к его массе – силовых установок для мотопарапланов, конструкция которых наиболее близка к нашему случаю. Посмотрим их характеристики и определим, что эта величина составит:  $\bar{m}_{\text{СУ}} = 1,8 \text{ кг/л.с.}$ , а  $m_{\text{СУ}} = 1,8 \cdot 39 \approx 70 \text{ кг}$ . Массу топлива также примем  $m_{\text{T}} = 70 \text{ кг}$ , потому что никогда в авиации не бывает, чтобы масса топлива была меньше массы силовой установки.

Таким образом, взлётная масса летательного аппарата, в состав которого теперь входит сам Карлсон как полезная нагрузка, силовая установка и топливо, фактически

утроилась. Далее по порядку, заведённому ещё при расчёте шара Винни Пуха, надо сделать следующую итерацию расчёта мощности:

$$N = \frac{\sqrt[3]{G}}{\alpha \cdot D} = \frac{\sqrt[3]{75 + 70 + 70}}{20 \cdot 0,8} = 189 \text{ л.с.} \quad (11)$$

И так далее. Если вы продемонстрировали такой подход при решении задачи – вам **4 балла**.

Из такого примитивного расчёта видно, что создать летательный аппарат, предназначенный для полётов одного человека, включая режимы вертикального висения, практически не представляется возможным. Это должен быть могучий двигатель с соответствующим запасом топлива, причём по удельным характеристикам это скорее турбореактивный двигатель, чем двигатель внутреннего сгорания. Полезная нагрузка в виде человека при этом будет выглядеть как «сбоку припёка». Примером тому может служить советский экспериментальный летательный аппарат «Турболёт», предназначенный для изучения режимов вертикального висения СВВП. Вот он, после доводки, позволял полетать в режиме «лечу, куда хочу», но посмотрите, какой ценой это доставалось.



Экспериментальный ЛА «Турболёт», 1956г.

Неэффективность же аэродинамической схемы Карлсона объясняется в первую очередь применением для создания подъёмной силы пропеллера малого диаметра, ометаемый круг которого значительно затенён телом самого Карлсона. КПД такого движителя не велик, отсюда – большая потребная мощность. Сравните наш случай с корабельным одноместным вертолётom Ка-10, где обошлись мощностью всего 55 л.с. при соосных винтах нормального диаметра.



Вертолёт Ка-10

Увы, сказка, казалось бы, так и останется сказкой, если бы не пытливый конструкторский ум. Про это наш вопрос 3.7.

Удельный вес этого вопроса – 1,50.

### 3.2 Каким должен быть диаметр винта Карлсона?

В данном случае диаметр винта определяется не расчётным образом, а из компоновочных соображений. Как справедливо отметили многие, Карлсон должен пролетать в дверные, оконные и чердачные проёмы. Исходя из этого, разумным диаметром несущего винта представляется от 0,8 до 1,2 м, как это и принято в мотопарапланной технике. Винт меньше 0,8 м будет полностью затеняться, о чём уже говорилось. Большой диаметр обеспечит лучшую несущую способность, но мы пожертвовали подъёмной силой в угоду компактности и остановились на  $D = 0,8$  м.

Удельный вес вопроса – 0,25.

### 3.3 Какое физическое явление служит основным препятствием при создании летательного аппарата с одним подъёмным винтом?

Реактивный крутящий момент от вращения несущего винта.

Удельный вес вопроса – 0,25.

### 3.4 Какие технические устройства, кроме винта и двигателя, требуются ещё для полета аппарата однороторной схемы?

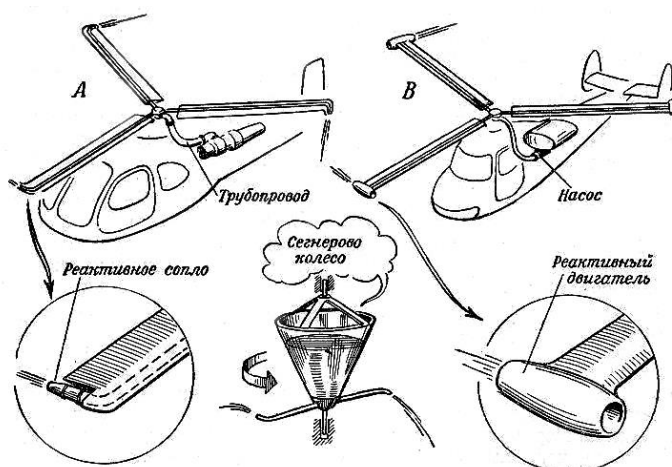
Рулевой винт, который будет парировать реактивный момент и обеспечивать управление по курсу. Этого достаточно на **4 балла**. Если упомяните автомат перекоса – совсем хорошо, коллега, вам – **5 баллов**, хотя для вертолётов других схем он тоже нужен!

Кто-то пытался приводить чуть ли не полную спецификацию вертолёта, начиная с рычага «шаг-газ» и кончая последней заклёпкой на хвостовой балке. Жюри считало такие ответы откровенным троллингом и присваивало **0 баллов**.

Удельный вес вопроса – 0,25.

### 3.5 Или, всё-таки, можно обойтись без этих технических устройств?

Обойтись можно. Для этого усилие вращения несущего винта нужно создавать на лопастях самого винта. На рис. показаны два варианта реализации такой схемы.



Схемы вращения несущего винта без крутящего момента на валу

Надо, правда, сказать, что обе схемы не прижились в реальной технике: схема А – из-за больших потерь напора в каналах подвода воздуха и, как следствие, низкого КПД такой схемы; схема В – из-за тяжёлого режима работы двигателя на законцовке лопасти в условиях значительных центробежных и крутильно-колебательных нагрузок. А общий недостаток обеих схем – высокая акустическая нагрузка на окружающую среду, происходящая из сложения скоростей истечения реактивных струй и вращения лопастей. По крайней мере, это была одна из причин отказа от регулярной коммерческой эксплуатации винтокрыла «Rotodyne» фирмы «Fairey Aviation» в его пассажирской модификации – уникального летательного аппарата с комбинированной схемой вращения несущего винта без крутящего момента на валу ротора.



Винтокрыл «Rotodyne»

Зато по схеме А вовсю летает «шарик-вертолёт» – забавная игрушка для детей и взрослых, рекомендуем!



Игрушка «шарик-вертолёт»

Удельный вес вопроса – 1,00.

**3.6 Как изменится ответ на вопрос 3.1, если учесть, что Карлсон может переносить не только самого себя, но и выступать в качестве транспортного средства?**

По таблицам «Норм роста и веса» определяем, что мальчик восьми лет (а Малышу как раз исполнилось восемь) при среднем развитии должен весить 25,5 кг. С вареньем не будем мелочиться, положим Карлсону три килограмма неизвестного содержимого, плюс полкилограмма на стеклянную тару. Таким образом, масса полезной нагрузки:

$$m_{пн} = 75,0 + 25,5 + 3,0 + 0,5 = 104,0 \text{ кг.}$$

Как мы уже поняли из расчётов в п. 3.1, масса силовой установки с запасом топлива составит не менее 200% от массы полезной нагрузки. Учтём это в формуле (10) коэффициентом и вычислим:

$$N = \frac{\sqrt[3]{G}}{\alpha \cdot D} = \frac{\sqrt[3]{3 \cdot 104,0}}{20 \cdot 0,8} = 344 \text{ л. с. (12)}$$

Как видим, приведённая в задании картинка не имеет ничего общего с инженерной действительностью: чтобы Карлсону перевозить пассажира и другую полезную нагрузку, необходимо иметь такой запас мощности, который может дать только компактный турбореактивный двигатель, в чём мы уже убедились на примере «Турболёта».

Удельный вес вопроса – 0,50.



### **Как зовут мальчика, и какое у него варенье?**

Разумеется, имя мальчика не Малыш (**0 баллов**), а - Сванте Свантесон (**4 балла**).

Удельный вес вопроса – 0,25.

Про варенье – самый сложный вопрос этого третьего сета. В советском мультике не уточняется, какое Карлсон употребил варенье. Поскольку он делал это под видом лечения от простуды, все стереотипно решили, что варенье – малиновое. За стандартное мышление – **2 балла**. Но речь идёт о скандинавской стране, где в национальных традициях лежит сбор северных лесных ягод: брусники, черники, голубики, морошки. За ход мысли в таком направлении – **3 балла**.

По книге же, Карлсон лечил все болезни «приторным порошком» - смесью из толчёного печенья и конфет. Умение читать книги мы ценим выше, чем умение смотреть мультики, за это – **4 балла**. Наконец, кто-то решил, что Карлсон промышлял вишней, которую стокгольмские обыватели сушили на чердаках, и, мол, в банке – не варенье, а – сушеная вишня. За научно обоснованный полёт фантазии – **5 баллов**.

Удельный вес вопроса – 0,50.

### **3.7 Какие летательные аппараты созданы для осуществления полёта одного человека? Перечислите, желательно проиллюстрировав этот ответ фотографиями**

Судя по присланным ответам – это самый интересный вопрос вообще из всех. Надемся, вы открыли для себя что-то новое и интересное. Интересно было и жюри. Причём есть такое ощущение, что некоторые такие летательные аппараты в скором времени станут вполне обычными транспортными средствами.

Стоит сделать только единственное уточнение. Поскольку мы тут говорим о Карлсоне – человеке с моторчиком, то имелись в виду летательные аппараты, у которых: а) есть двигатель, и аппарат летит туда, куда нам надо, а не туда, куда его гонит ветер, и б) тело человека является основным элементом конструкции или выполняет ярко выраженную функциональную роль. Поэтому, ответы: одноместный минисамолёт, минивертолёт, коптер, не принимались, в них человек выступает в роли полезной нагрузки, существующей отдельно от конструкции самого летательного аппарата.

Принимались же ответы типа: мотопараплан, ховерборд – человек своим телом выполняет балансировку аппарата, и полёт такого летательного аппарата без человека невозможен; ранцевые аппараты, джетмэны – летательный аппарат существует только вместе с человеком, который является фюзеляжем такого аппарата; мускульные самолёты и вертолёты – человек является силовой установкой такого аппарата и т.п.

Удельный вес вопроса – 1,50.

## Задача 4

### 4.1 Каким должен быть размах крыла щенка Скай? Скорость полёта 60 км/ч.

Для установившегося горизонтального полёта выполняется уравнение:

$$Y = G$$

или, раскрыв обе части:

$$C_Y \frac{\rho V^2}{2} S = m_n g, \quad (13)$$

где  $C_Y$  – коэффициент подъёмной силы;

$\rho$  – плотность воздуха на заданной высоте полёта;

$S$  – площадь крыла;

$V$  – скорость полёта;

$m_n$  – полётная масса Скай.

Выразим из (13) площадь крыла:

$$S = \frac{2 m_n g}{C_Y \rho V^2}. \quad (14)$$

В полученном выражении нам известен только один параметр – скорость полёта, которую, кстати, переведем в м/с:

$$V = 60 \text{ км/ч} = \frac{60}{3,6} = 16,7 \text{ м/с}.$$

Порассуждаем. Скай, как правило, выполняет свои задания, не теряя визуальную связь с остальными членами команды спасателей, поэтому примем, что максимальная высота полёта составит 400 м, где  $\rho = 1,143 \text{ кг/м}^3 / 1/$ .

Далее, видим, что Скай как летательный аппарат выполнена по аэродинамической схеме «бесхвостка» с ярко выраженным фюзеляжем в виде туловища самой Скай. Её крыло – прямое, достаточно большого удлинения, которое примем «на глаз»  $\lambda = 5$ . Конструкция крыла телескопическая, состоящая из вдвигающихся друг в друга секций, которая отличается плохой аэродинамикой за счёт образующихся ступенек и требует большой строительной высоты для обеспечения хоть какой-то жесткости. Профиль такого крыла будет толстым и S-образным (для балансировки при «бесхвостой» схеме), с хорошими несущими характеристиками только при околонулевых значениях угла атаки  $\alpha$ . Да и не будем же мы заставлять летать Скай при больших околочритических  $\alpha = 12 \dots 14^\circ$ , в постоянном опасении сорваться в штопор. Недостающую подъёмную силу мы доберём площадью крыла, а пока назначим очень умеренный  $C_Y = 0,5$  при угле атаки не более  $\alpha = 4^\circ$ .

Теперь про массу. Классический весовой анализ говорит нам, что полётная масса самолёта состоит из трёх примерно равновеликих составляющих: массы конструкции с силовой установкой, массы топлива и массы полезной нагрузки:

$$m_n = m_{\text{констр.}} + m_{\text{топл.}} + m_{\text{ПН}}.$$

Но Скай – не самолёт, у неё отсутствует фюзеляж, хвостовое оперение, шасси и т.д. Остаётся только само крыло с силовой установкой и запасом топлива, и ранцевая система крепления. Примем, что всё вместе это составит массу самой Скай, поэтому:

$$m_n = 2m_{\text{ПН}} = 2 \cdot 10 = 20 \text{ кг}.$$

Подставим все принятые значения в (14) найдём площадь крыла:

$$S = \frac{2 \cdot 20 \cdot 9,81}{0,5 \cdot 1,143 \cdot 16,7^2} = 2,46 \text{ м}^2.$$

Теперь из известной формулы удлинения крыла:

$$\lambda = \frac{l^2}{S},$$

определим размах крыла

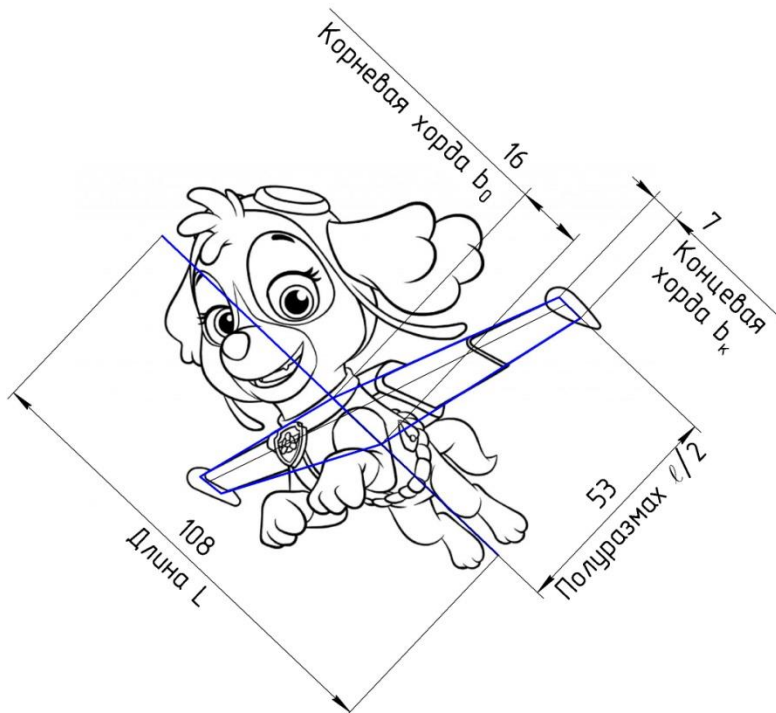
$$l = \sqrt{\lambda S} = \sqrt{5 \cdot 2,46} = 3,51 \text{ м}.$$

Разумеется, вы можете принять другие исходные данные, и вас будет другое значение, но на **4 балла** вывод из решения задачи должен быть один: размах слишком велик. Как и следовало ожидать, при такой маленькой скорости полёта пропорции Скай будут напоминать мотопланер, у которого размах крыла в разы больше габаритной длины.

Удельный вес вопроса – 2,00.

#### 4.2 Определить скорость полёта с крылом, изображённым на картинке. Может, Скай всё-таки следует воспользоваться летными очками по назначению?

Для решения воспользуемся тем, что приведённая картинка выполнена практически в прямоугольной изометрии с одинаковыми коэффициентами искажения, поэтому снимем прямо с рисунка нужные нам геометрические характеристики крыла.



Геометрические характеристики крыла Скай

Соотнеся заданную «натуральную» длину Скай с длиной на рисунке, определим масштабный коэффициент

$$k = \frac{L}{L_{\text{на рис.}}} = \frac{1000}{108} = 9,3$$

и пересчитаем в «натуральную» величину остальные элементы:

$$b_k = k b_{k \text{ на рис.}} = 9,3 \cdot 7 = 65 \text{ мм} = 0,065 \text{ м},$$

$$b_0 = k b_{0 \text{ на рис.}} = 9,3 \cdot 16 = 149 \text{ мм} = 0,15 \text{ м},$$

$$l = 2k(l/2) = 2 \cdot 9,3 \cdot 53 = 986 \text{ мм} = 0,99 \text{ м}.$$

Площадь крыла составит:

$$S = l \left( \frac{b_k + b_0}{2} \right) = 0,99 \left( \frac{0,065 + 0,15}{2} \right) = 0,106 \text{ м}^2.$$

Скорость полёта:

$$V = \sqrt{\frac{2 m_{\Pi} g}{C_Y \rho S}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 9,81}{0,5 \cdot 1,143 \cdot 0,106}} = 80,5 \text{ м/с} = 80,5 \cdot 3,6 = 290 \text{ км/ч}.$$

Очень даже нормальная скорость для летательного аппарата такой размерности с прямым крылом. Вот только одними очками на такой скорости не обойдётся, тут целый шлем нужен, ... с забралом.

Удельный вес вопроса – 2,00.

## Задача 5

### 5.1 Как можно быстро в уме прикинуть мощность двигателей самолёта, не имея никаких цифр перед глазами. Какие данные для этого расчёта можно почерпнуть, осмотрев самолёт при посадке снаружи и изнутри, а какие данные пригодятся из области общей авиационно-технической эрудиции?

Из осмотра самолёта снаружи мы устанавливаем тип самолёта и количество двигателей. Внутри – определяем количество пассажиров, перевозимых самолётом: считаем количество рядов и умножаем на количество кресел в ряду.

Из общей авиационно-технической эрудиции нужно знать значение аэродинамического качества  $K$ , крейсерскую скорость полёта  $V_{кр.}$  и уже знакомый нам параметр – взлётную массу, приходящуюся на одного пассажира  $\bar{m}_{пасс.}$ . Эти относительные параметры по своей величине должны быть близки для представителей одного класса самолётов. Поскольку мы собираемся лететь на среднемагистральном реактивном лайнере, посмотрим характеристики самолётов этого класса, которые можно увидеть в российском небе: неутомимый малыш В-737, крепко сбитый середняк из Тулузы А-319 и последнее детище советского авиапрома – «карандаш» Ту-204.

Модель самолёта	А 319-100	В 737-200	Ту 204-100	Среднее значение
Взлётный вес, т	75	57	103	
Число пассажиров (эконом/бизнес), чел.	134	102	186	
Приведённая масса, кг/чел.	560	559	554	<b>557</b>
Аэродинамическое качество	15	15	18	<b>16</b>

Как видим, относительные характеристики действительно близки. Наш Ту-204 отличается большей весовой отдачей и лучшей аэродинамикой, чего, к сожалению, не скажешь о его эксплуатационных характеристиках...

Итак, усевшись в кресло и приподняв голову, считаем количество кресел: 21 ряд по 6 шт. в каждом. Вспоминаем, что по ходу самолёта сперва прошли салон бизнес-класса, там кресла шире, обивка на них посвежее, а расстояние между ними – побольше. Поэтому их только 2 ряда по 4 кресла. Таким образом, самолёт может взять на борт всего пассажиров:

$$n_{пасс.} = 21 \cdot 6 + 2 \cdot 4 = 134 \text{ чел.}$$

Мы уже знаем из нашей эрудиции, что для того, чтобы вознести персонально нас в небо, требуется килограмм триста с лишним самолётного фарша, куда входит: кресло, на котором будем сидеть, кусок фюзеляжа, к которому оно прикручено, кусок крыла, двигателя, пара блоков бортовых систем и т.д. Осталось добавить несколько килограмм от пи-

лотов и прекрасных стюардесс и залить это всё авиационным керосином марки Т-1, чтобы в сумме получилось  $\bar{m}_{\text{пасс.}} = 557 \text{ кг/чел.}$  А всех вместе нас поднимут:

$$m_{\text{взл.}} = n_{\text{пасс.}} \cdot \bar{m}_{\text{пасс.}} = 134 \cdot 557 = 74638 \text{ кг} \approx 75 \text{ т.}$$

Для установившегося горизонтального полёта справедливы уравнения:

$$X = T,$$

$$Y = G,$$

где  $X$  – сила сопротивления воздуха;

$T$  – тяга двигателей;

$Y$  – подъёмная сила;

$G$  – вес самолёта.

Учитывая, что аэродинамическое качество по определению

$$K = \frac{Y}{X},$$

выразим из этих уравнений тягу и вычислим её в тоннах силы:

$$T = X = \frac{Y}{K} = \frac{m}{K} = \frac{75}{16} = 4,7 \text{ тс} \approx 5 \text{ тс.}$$

Тяга каждого двигателя:

$$T_{\text{дв.}} = \frac{T}{n_{\text{дв.}}} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ тс.}$$

Как видите, главное – перемножить два трёхзначных числа, всё остальное - действительно устный счёт. Впрочем, перемножить два трёхзначных числа тоже можно «в уме», раньше этому учили в школе, а как сейчас?

Кто остановился на этом, и сказал: «Тяга – основная характеристика реактивного двигателя, никакой мощности в л.с. он не развивает!» - тот, конечно, молодец, но только на **3 балла**. Почему? Потому что мы задаём следующий вопрос: тяга в пять тонн – это много или мало? Вы способны отличить тягу в одну тонну от тяги в десять? С чем сравнить?

Нам, жителям городских джунглей, удобно сравнивать любые транспортные средства с автомобилями, которыми мы пользуемся гораздо чаще, чем самолётами. На машины у нас намётан глаз, мы примерно можем соотнести размер автомобиля с мощностью его двигателя, измеряемой в л.с. И, хотя лошадиные силы и тут начинают уступать абстрактным киловаттам, как понятен физический смысл этой величины!

Итак, для самолёта в горизонтальном полёте с постоянной скоростью вполне применима формула из общего курса физики:

$$P = F V,$$

где  $F$  – движущая сила;

$V$  – скорость.

В нашем случае  $V$  – это крейсерская скорость полёта, тоже стабильная величина для большинства типов пассажирских самолётов в районе 850 км/ч. Поскольку будем считать в ваттах, переведем тонны силы в ньютон, а км/ч в м/с и вычислим:

$$P = T V_{кр.} = 5000 \cdot 9,81 \cdot (850/3,6) = 11581250 \text{ Вт.}$$

Можете определить мощность реактивного лайнера хоть в электрокачках, поделив всё на 1500, а мы же переведем в л.с., учитывая, что 1 л.с. = 750 Вт:

$$P = \frac{11581250}{750} = 15440 \text{ л.с.}$$

А теперь мощность в «солярисах»:

$$P = \frac{15440}{120} = 129 \text{ «солярисов».}$$

Мощность, приходящаяся на одного пассажира:

$$\bar{P} = \frac{P}{n_{пасс.}} = \frac{15440}{134} = 115 \text{ л.с.}$$

Оцените красоту и логику полученного результата: каждого пассажира везёт мощность, равная мощности одного «Соляриса»! Выходит, если взять легковой автомобиль, выполнить его из авиационных материалов, чтобы он уложился в 557 кг, снабдить его мотором в 115 л.с. и крылом, то он вполне сможет перевозить одного человека по воздуху. И это вам не сказки про Карлсона рассказывать, это – точный инженерный расчёт, за него и **5-ти баллов** не жалко!

Впрочем, задача создания самолёта на базе автомобиля решена уже давно – ещё при первых Джеймсах Бондах.



Или современный вариант:



Удельный вес вопроса – 1,5.

### **5.2 Работу каких элементов конструкции крыла мог наблюдать Юра, сидя сзади от крыла. А сидя перед крылом?**

Эти элементы называются «взлётно-посадочная механизация крыла». Сидя сзади мы видим закрылки, спереди – предкрылки. Такого ответа вполне достаточно на **4 балла**. Многократно воспроизведённая картинка А-320 и крыла В-747 из интернета с безграмотным переводом сперва огорчала жюри, потом раздражала. Поэтому баллы понижались в полном соответствии с «Законом 125-го пирожного».

Удельный вес вопроса – 0,25.

### **5.3 Когда заканчивается взлет и начинается набор высоты?**

Взлёт заканчивается при достижении самолётом скорости, на 20-30 км/ч превосходящей скорость сваливания при «чистом» крыле. Самолёт переводится из взлётной конфигурации в конфигурацию для выполнения горизонтального полёта. Визуально это выражается в уборке элементов механизации крыла и перестановке стабилизатора на меньший отрицательный угол атаки. И если уборку механизации мы можем наблюдать из иллюминатора, то перестановку стабилизатора не только не видим, но и не догадываемся о ней.

После уборки взлётно-посадочной механизации самолёт уже с аэродинамически «чистым» крылом продолжает набор высоты с достаточно ощутимым углом тангажа в 5 ... 10°. И только достигнув высоты заданного эшелона в 9...11 км, самолёт, наконец, переходит в горизонтальный полёт. Почему-то вспомнился поэт В. Вишневский, мастер в собственнороботённом жанре одностихий:

«Наш лайнер совершал, наш лайнер совершал... Не совершил...»



Многочисленные ответы про «высоту перехода, когда давление в барометрических приборах...» не верны, потому что не отражают физическую суть процесса. Но куда деваться, коль скоро инженеры школьного возраста знают Google и не знают аббревиатуру «НЛГС-...», приходилось ставить по **1-2 балла**. Кстати, погуглите, что такое НЛГС – пригодится для профессиональной ориентации.

Удельный вес вопроса – 0,50.

#### **5.4 Что вперёд убирается при взлёте: шасси или те самые элементы из вопроса 5.2?**

Выпущенные закрылки и предкрылки нужны до полного завершения взлёта – см. выше. Функция же шасси становится исчерпанной сразу после отрыва от полосы. Держать их выпущенными не имеет смысла, так как стойки шасси, их щитки и сами колёса создают огромное сопротивление в самый неподходящий момент. Поэтому шасси начинают убирать после перехода амортизации стоек шасси в необжатое состояние, что определяется соответствующими концевыми датчиками и является признаком того, что самолёт больше не касается земли колёсами.

Итак, ответ: сперва убирается шасси.

Удельный вес вопроса – 0,50.

#### **5.5 При посадке, посмотрев на крыло, Юра увидит ту же картину, что и при взлёте? Или нет? В чём разница?**

Разница заключается в том, что при посадке закрылки и предкрылки выдвигаются и отклоняются на предельные значения, тогда как при взлёте – только наполовину. Это объясняется тем, что при посадке нам нужно как увеличение несущей способности крыла – чтобы уменьшить посадочную скорость, так и увеличение силы его сопротивления – чтобы притормозить самолёт. При взлёте же, когда нам надо быстро набирать скорость, излишек сопротивления от элементов механизации только вредит. Поэтому закрылки и предкрылки выпускают на ограниченные, взлётные значения.

Визуально разница между взлётом и посадкой при взгляде на крыло весьма существенна. Если при взлёте крыло – как крыло, ну что-то там у него отклонилось, то при посадке гладкая блестящая поверхность крыла, которая кажется такой мощной и монолитной, вдруг начинает расплзаться, превращаясь в огромное дырявое решето. У некоторых неподготовленных пассажиров от такого зрелища может начаться паника (это, кстати, **5 баллов** при ответе на следующий вопрос), поэтому о таких вещах, как работа механизации крыла нужно хоть чуть-чуть, но знать.

Удельный вес вопроса – 1,00.

**Можно ли при посадке смотреть на крыло или, как говорится: «минздрав не рекомендует»?**

Дело в том, что шаг кресел в салоне самолёта, как правило, не совпадает с расстоянием между иллюминаторами. Поэтому, если ты хочешь что-то «увидеть в окошко», необходимо перегнуться через подлокотник кресла, дотянуться до иллюминатора и чуть ли не упереться в стекло носом или щекой. Если посадка проходит при хорошей погоде и самолёт уверенно «сидит» на глиссаде, то да: чуть ослабь ремень кресла, перегнись и любуйся приближающейся землёй, наблюдай за работой механизации крыла и выпуском шасси. Ведь это всё так волнительно и интересно!

Но, если самолёт заходит на посадку в сложных метеоусловиях, твоя пятая точка чувствует постоянные провалы по высоте, а мозжечок - по крену, двигатели подвывают, хотя их не должно быть слышно, тут уже не до смотрин в окна: распрямись в кресле, голову слегка вдави в подголовник и выбери слабинку пристяжного ремня. И подумай: «А что там у пилота с гороскопом на сегодня?»

Поэтому ответ звучит так: «Можно, но – осторожно!»

Удельный вес вопроса – 0,25.

#### **Список использованных источников**

1. ГОСТ 4401-81. Атмосфера стандартная. Параметры.
2. Политехнический словарь / Редкол.: А. Ю. Ишлинский (гл. ред.) и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Советская энциклопедия, 1989. – 656 с.
3. Загордан А. М. Элементарная теория вертолета. Учебное пособие для летного и технического состава ВВС – М.: Военное издательство Министерства Обороны Союза ССР, 1955. – 216 с.

#### **Вместо заключения**

Жюри и автор вопросов и ответов, сожалеют, что не могут в силу организационно-временных причин дать обзор лучших работ. А они, поверьте, были! Народ, похоже, понял, что несмотря на шутовскую форму постановки вопросов, тут и нас всё тут будет «по взрослому», и включился тоже «по полной».

Так, одна команда заметила, что Карлсон использует неверную технику пилотирования. Для начала полёта он, дескать, должен лечь на пол в горизонтальное положение, раскинуть руки и ноги, и только потом нажимать запуск своего моторчика. Попытки старта из любого другого положения приведёт к отбрасыванию Карлсона назад с поломкой пропеллера и травматизмом самого Карлсона. Разрыв шаблона на грани гениальности, так держать!

Другая команда заявила, что главный технический риск для стратостатных полётов в ближний космос – отсутствие оружия от инопланетян. Что ж, нам юмор «строить и жить помогает», а в инженерном деле – тем более, мы это оценили...

В завершение хочется дать простой ответ на сложный вопрос выбора жизненного пути: «Как стать инженером?» Надо прочитать книгу Жюль Верна «Таинственный остров». Первый раз это надо было сделать в третьем-четвёртом классе, но и сейчас ещё не поздно! Лучшего гимна Инженеру человечество ещё не спело, и, похоже, уже и не споёт. Оце-

ните мощь и красоту технического интеллекта, представленного в образе инженера Сайреса Смита, его способность справляться с любыми превратностями судьбы, начиная от добывания огня для собственного выживания и кончая борьбой с нехорошими людьми и природными катаклизмами. Захотите стать такими же носителями человеческой технической культуры, и, найдя ответ на вопрос «кем я хочу стать?», найдёте ответ и на вопрос «как это сделать?»

А, для начала, хорошо учитесь в школе! - как бы ни банально это прозвучит...