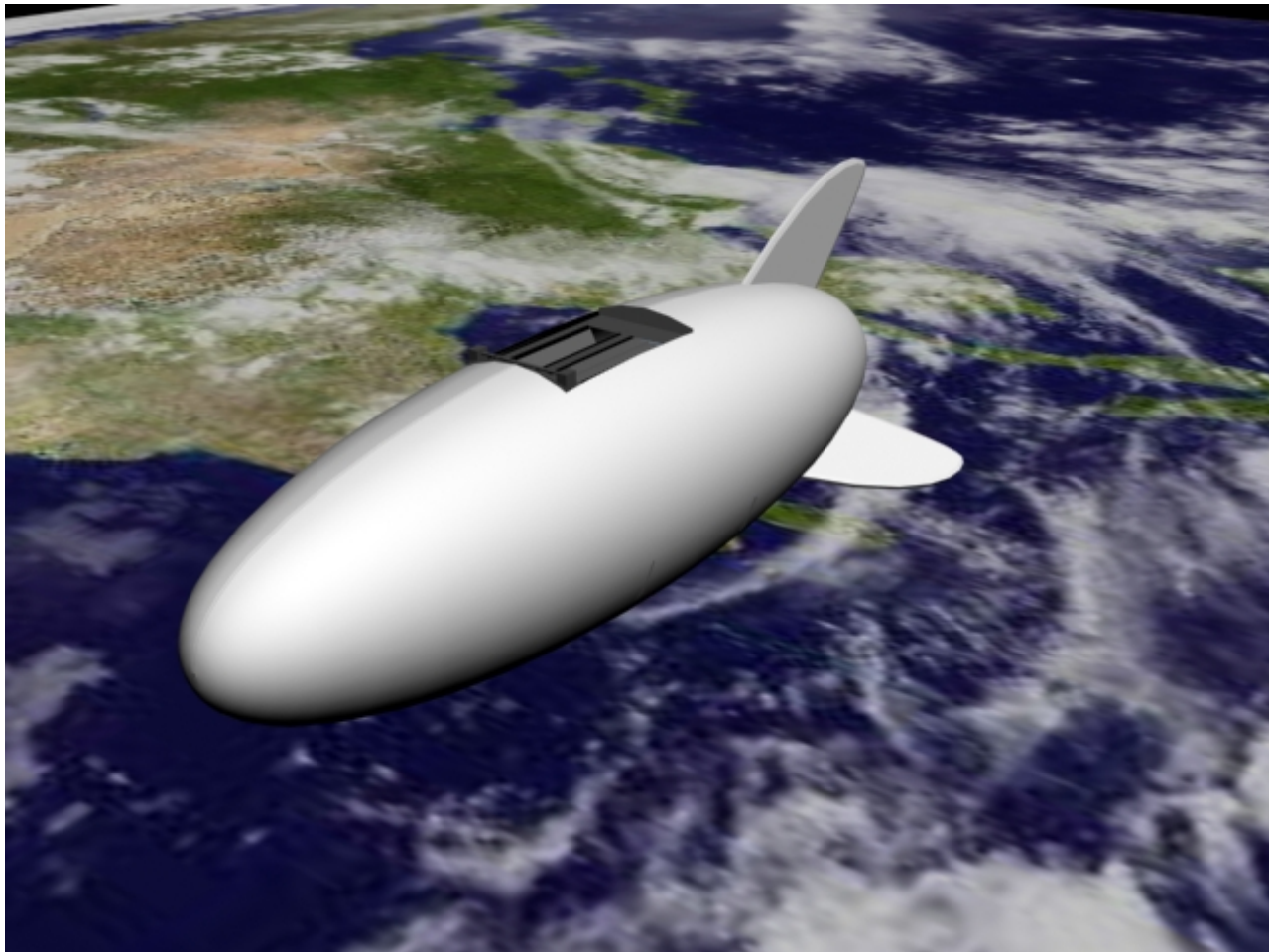


Беспилотный орбитальный грузовой дирижабль



Автор:
Максимов Егор

Научный руководитель:
Беяков-Бодин В.И.

Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Откуда, куда и что возить?	4
Глава 2. На чём возить?	10
Дирижабль	10
Зависимость от погоды	10
Устройство оболочки	11
Процесс полета	13
Глава 3. Как загружать и разгружать?	15
Шаттл	15
Устройство	15
Процесс взлета	17
Процесс полета	17
Сстыковка и нахождение на борту	18
Взлет с борта	20
<i>Внутреннее устройство лифта</i>	21
Глава 4. - как управлять и эксплуатировать?	22
Командный центр	22
Технический отдел	22
Экономический отдел	22
Географический отдел	22
Глава 5. Как строить и ремонтировать.....	24
Глава 6. Как проектировать.....	26
Заключение	28
Выводы	31
Список литературы	32

Введение

При разработке беспилотного теплового дирижабля, начатого нами 3 года назад [1], вопрос его применения в народном хозяйстве был рассмотрен лишь в самом общем плане - путём сравнительного анализа преимуществ и недостатков этого вида летательных аппаратов (ЛА) перед другими: самолётами, вертолётами и традиционными газонаполненными дирижаблями. При обсуждении этого проекта с оппонентами одним из самых частых возражений был аргумент об отсутствии серьёзных, значимых для народного хозяйства областей применения таких ЛА.

В данном проекте исследуется возможность применения дирижаблей для массовых грузоперевозок. Заметим, что в этой сфере дирижабли пока вообще не применяются – банкротство фирмы «Карголифтер» в 2002 году ещё раз высветило проблемы, с которыми приходится сталкиваться на этом пути [2]. Верно, в США и Англии разработки транспортных дирижаблей большой грузоподъёмности продолжаются [3], но ведутся они в военных целях, которые в нашем проекте не рассматриваются. Для народнохозяйственных же целей необходимо продолжать поиск возможностей снижения затрат на постройку и эксплуатацию грузовых дирижаблей.

А для этого надо ответить на вопросы:

- откуда, куда и что стоит возить,
- на чём возить,
- как организовать погрузку и разгрузку,
- как управлять транспортными средствами и эксплуатировать их,
- как строить и ремонтировать их,
- как спроектировать предлагаемую систему.

Наш проект является только первым шагом проработки рассматриваемой транспортной системы, поэтому выявление возникающих при этом проблем не менее важно, чем получение конкретных технических решений. Тем не менее, полученные результаты позволяют сделать вывод о перспективности разработки такой системы и о том, что беспилотные тепловые дирижабли будут востребованы ею. И цепочка грузовых беспилотных дирижаблей будет без остановки летать вокруг земного шара по «воздушным коридорам», в которых ветер будет не противником её, а союзником.

Многие идеи и технические решения, представленные в этой работе, предлагались и обсуждались участниками дискуссий на форумах Авиабазы (www.airbase.ru), которым авторы выражают свою признательность.

Глава 1. Откуда, куда и что возить?

Говоря о транспортировке грузов на дирижаблях, чаще всего отмечают возможность перевозки на внешней подвеске уникальных, негабаритных грузов: собранных турбин гидроэлектростанций, космических ракет и т.п. Действительно, перевозка таких грузов, позволяющая сэкономить огромные средства за счёт устранения дорогостоящего повторного монтажа на месте применения, по плечу только дирижаблям. Но необходимость в ней возникает довольно редко, чтобы окупить постройку огромного воздушного корабля.

Мы предлагаем рассмотреть другой сектор: массовые грузоперевозки на большие расстояния, потребность в которых постоянно растёт. При этом главным фактором конкурентоспособности различных видов транспорта становятся расходы на создание и эксплуатацию транспортных средств и всего, что нужно для грузоперевозок: инфраструктура, логистика, экология и пр.

Что касается экологии, то здесь дирижаблю нет равных, а вот в остальных составляющих цены он, как считается, проигрывает более компактному и быстрому средству транспорта. Громадные эллинги, проблемы взлёта, приземления и полёта против ветра, а также огромная стоимость постройки дирижабля перечёркивают бесплатность Архимедовой силы, возможность «точечного» приёма/доставки груза и упомянутую уже экологичность этих воздушных судов.

Но ведь при бесплатности поддержания груза в воздухе не так важно, чтобы полёт осуществлялся по кратчайшему маршруту. А если бы ветер всё время был попутным, то можно было бы лететь вообще без мотора – всё равно это было бы экономичнее. Поэтому мы предлагаем строить маршрут полёта грузовых дирижаблей в том направлении, в котором перемещается вся масса атмосферы Земли: с запада на восток. А при необходимости перевозки грузов в обратном направлении принимать лишь те заявки, податели которых готовы подождать, пока товар придёт получателю, обогнув земной шар.

Конечно, для внутри-региональных перевозок такое предложение вряд ли вызовет интерес, но спрос на такие трансконтинентальные и межконтинентальные перевозки может быть вполне достаточным. А в эпоху глобализации интенсивность именно таких перевозок растёт опережающими темпами и создаёт основной неудовлетворённый спрос; внутри-региональные перевозки могут осуществляться и традиционными средствами: автотранспортом, водным транспортом и т.п.

Намечая «воздушные коридоры», по которым будут следовать грузовые дирижабли, можно отталкиваться от трасс существующих транспортных потоков, подбирая воздушные течения, которые могут помочь грузовым дирижаблям перемещаться вдоль этих трасс. Возможен и обратный подход: выявление наиболее стабильных и сильных воздушных течений, вдоль которых целесообразно прокладывать трассы грузоперевозок на дирижаблях.

Мы думаем, что для первого этапа развития надо использовать, прежде всего, первый подход, чтобы воспользоваться уже сложившимся спросом на грузоперевозки. Но в дальнейшем надо развивать и второй подход, даже если стабильные и сильные течения и не всегда проходят над регионами Земного шара,

где сейчас есть потребность в грузоперевозках. Ведь в наше время производство товаров очень быстро, в течение всего десятка лет перемещается в те регионы Земли, где издержки на него (включая и транспортные расходы) наименьшие.

При анализе сложившегося грузооборота, конечно, речь не идет о перевозках нефти, угля, леса, руды и других многотонных материалов, которые вряд ли стоит перевозить по воздуху. Не будем мы касаться и грузов с малым весом, высокой стоимостью и срочностью доставки: письма, ценности и т.п. – их пускай продолжают перевозить самолётами.

Но есть ведь большой объём грузов, перевозка которых хоть и должна укладываться в ограниченное время, но не обязательно в такое короткое, как при авиаперевозках. Это многие продукты питания, лекарства, личные вещи, запчасти и пр., которые сейчас вынуждены возить самолётами просто потому, что другого прямого сообщения от отправителя до получателя просто нет. Ведь только в воздухе нет ни пограничных шлагбаумов, ни морских рифов, ни разбитых дорог – а все эти препятствия растягивают срок доставки на дни, недели, а иногда и месяцы.

Да и без пограничных простоев по средней скорости наземный и водный транспорт заметно уступают воздушному (см. Таблицу 1.1). Вот и приходится возить в Якутск самолётами не только запчасти для пополнения складов, а иногда и муку и даже авиационный керосин – если их пришлось израсходовать на непредвиденные нужды.

Таблица 1.1

Тип транспорта	Средняя скорость движения, км/час	Время погрузки-разгрузки, час	Скорость доставки, км/час
Суда	30	50	21,8
Железная дорога	70	10	59,6
Автотранспорт	70	2	67,6
Дирижабль	150	1	144,6
Самолёт	700	10	254,5

Скорость доставки груза на расстояние 4 тыс. км различными видами транспорта

С другой стороны, некоторые грузы, которые традиционно не считались срочными и поэтому перевозились морским транспортом, переходят сейчас в категорию «скоропортящихся», которые надо перевозить по воздуху. Скажем, мобильные телефоны, как и другая бытовая электроника, обновляются сейчас так быстро, что потерять неделю на их доставке в какой-то регион мира - значит потерять там очень многих покупателей. То же самое можно сказать о сезонных товарах, о модной одежде, о лицензионных дисках с программами и фильмами и др.

Вот для перевозки таких грузов, для которых водный и наземный транспорт – слишком медленный, а скорость перевозки самолётами не требуется (да и дороговато обходится) мы и предлагаем использовать грузовые дирижабли.

Мы думаем, что для использования грузовых дирижаблей были бы перспективны такие направления мирового грузооборота:

Европа → Россия: hi-tech, оборудование, медикаменты, ширпотреб

Европейская часть России → Сибирь и Дальний Восток: оборудование, медикаменты, продовольствие, северный завоз

Дальний Восток → США и Канада: ширпотреб, морепродукты

США → Европа: hi-tech

Кроме огромного сложившегося грузооборота по этим направлениям (в том числе, и товаров такого типа, как указывалось выше), их перспективность ещё и в том, что по этим направлениям, как уже говорилось, дуют попутные ветры. Как известно [5], в северном полушарии вне экваториальной зоны идёт общий западный (с запада на восток) перенос воздушных масс, который в верхней тропосфере и нижней стратосфере усиливается высотными струйными течениями (СТ): полярными и субтропическими (см. рис. 1.1). Такие течение напоминают гигантские струи среди относительно слабых ветров окружающей атмосферы. Длина СТ — тысячи км, ширина — сотни км, толщина — несколько км. Максимальные скорости ветра наблюдаются на СТ и могут колебаться от 100 км/ч до 250—350 км/ч [6].

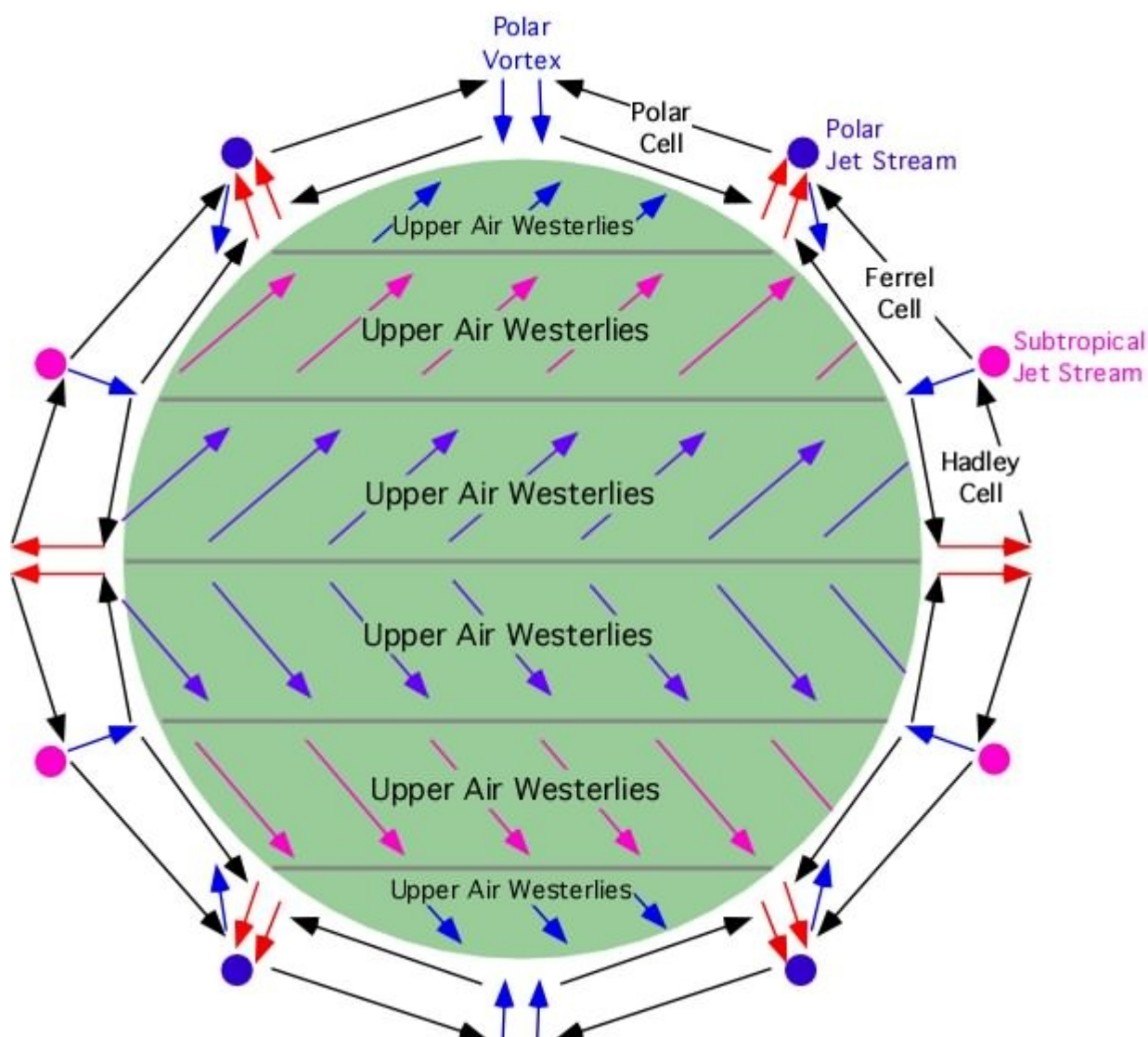


Рис. 1.1. Общий западный перенос атмосферы и расположение струйных течений.

Сегодня СТ считаются скорее помехой для воздушного движения: ведь самолёты совершают свои рейсы в оба конца, и если даже в одном направлении СТ увеличивает скорость самолёта относительно земли, то при полёте в обратном направлении - настолько же её уменьшает. Кроме того, при большой воздушной скорости самолётов для них гораздо чувствительнее и опаснее турбулентность, которая развивается на границах СТ. Если же грузовые дирижабли будут, в основном, придерживаться этих «воздушных коридоров», то они реже будут проходить сквозь зоны турбулентности, и СТ станут для них помощниками, а не помехой.

Основной проблемой использования СТ для транспорта сегодня является их нестабильность, а также значительное расстояние между различными СТ.

Эти течения возникают на границах между сталкивающимися воздушными массами (см. рис 1.2), перемещение которых вызывает возникновение, развитие и исчезновение струй (см. рис. 1.3). Такое перемещение занимает несколько (3-7) дней, в течение которых поведение СТ можно более или менее уверенно прогнозировать (см. Приложение 1); однако затем картина меняется и обнаружение нового возникшего СТ требует проведения прямых наблюдений.



Рис. 1.2. Струйное течение и сталкивающиеся воздушные массы

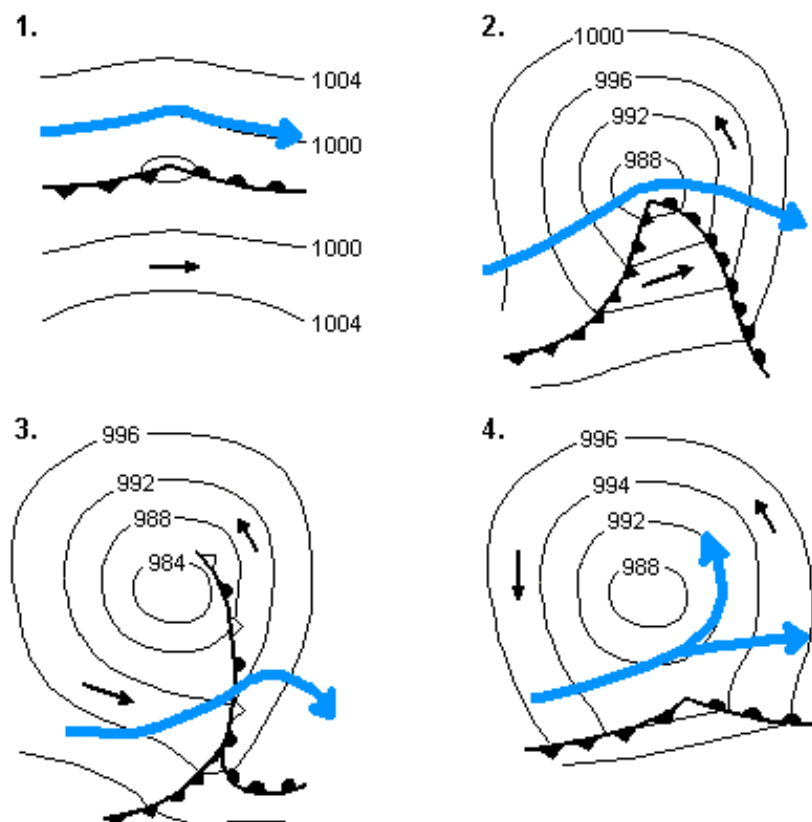


Рис. 1.3. Эволюция струйного течения в циклоне.
 1- начало развития циклона, 2 – сформировавшийся циклон,
 3 – начало заполнения циклона, 4 – циклон в стадии заполнения

Однако, методика, средства и организация таких наблюдений и прогнозов в настоящее время уже отработаны (см. [7] и рис. 1.5), так что создание системы поставки всем заинтересованным лицам регулярной информации о состоянии и прогнозе СТ – дело только времени и инвестиций.

Удалённость основных зон СТ (полярной и субтропической) друг от друга на тысячи километров (см. рис. 1.4), конечно, не могут устранить никакие инвестиции.

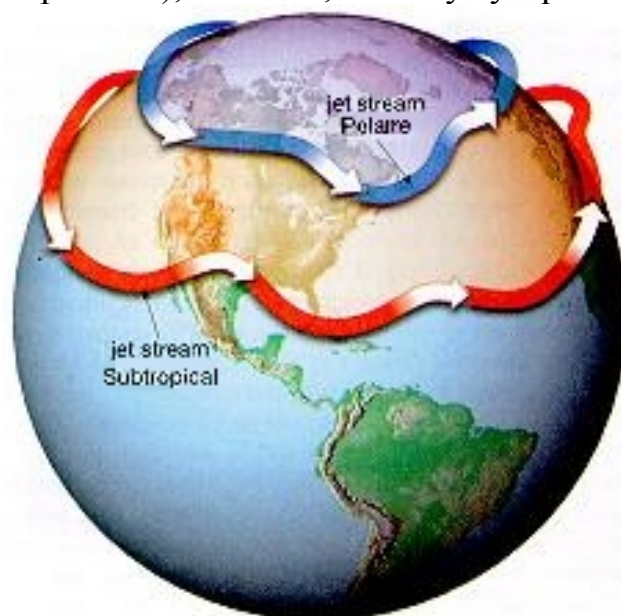


Рис. 1.4. Полярная и субтропическая зоны струйных течений

Что касается переходов между отдельными СТ одной зоны, то орбитальным дирижаблям придётся совершать их без помощи попутных течений, в основном за счёт собственных двигателей и собственных запасов энергии. Основным помощником при этом могут быть антипассаты, которые в умеренных широтах дуют на высотах 6-8 км. Конечно, и в этом случае использование данных о силе и направлении ветра на различных высотах позволит оптимизировать маршрут и режим движения дирижабля, хотя выигрыш от такой оптимизации будет намного меньше, чем от нахождения нового СТ и прокладки к нему кратчайшего маршрута орбитального дирижабля.

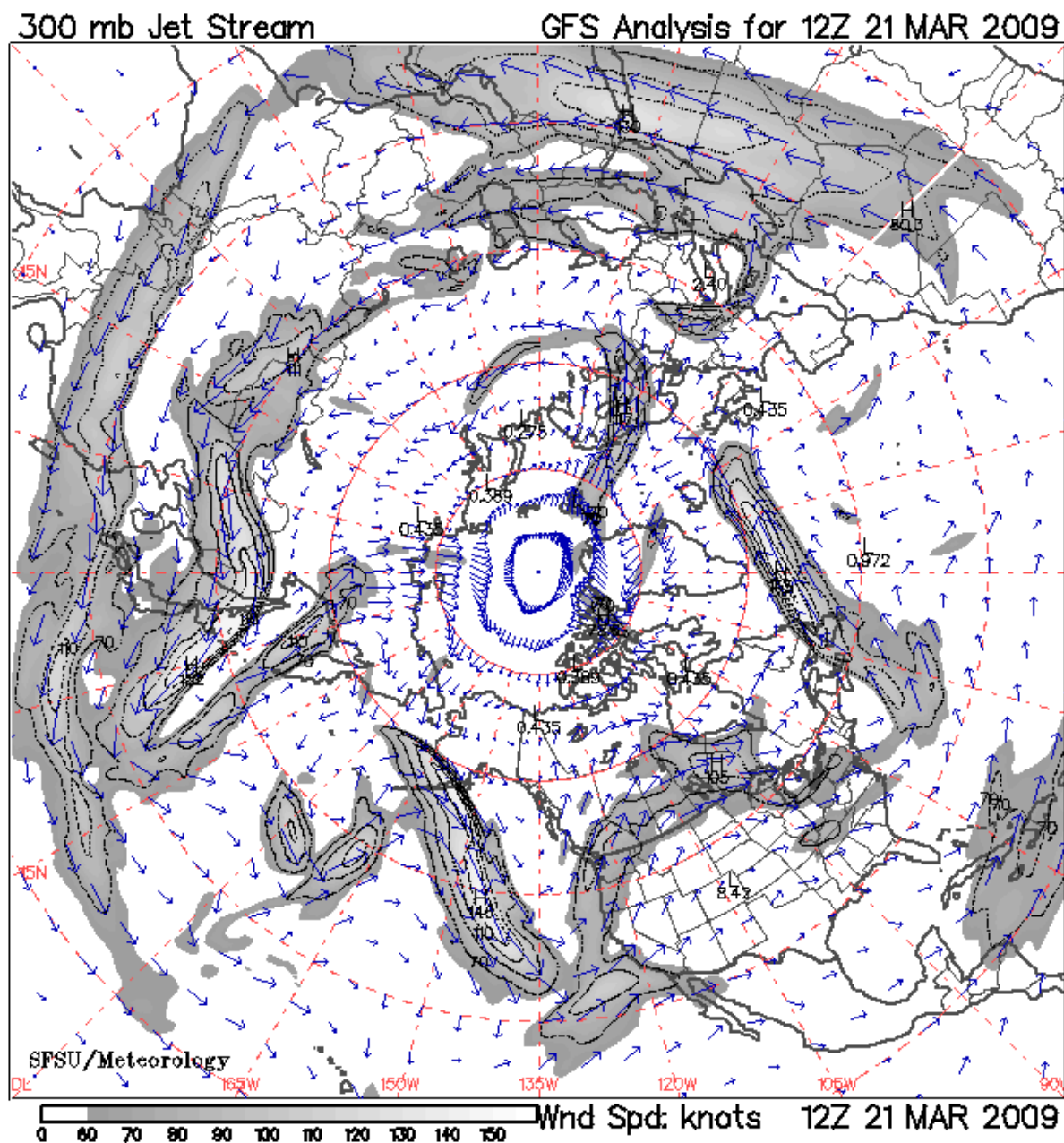
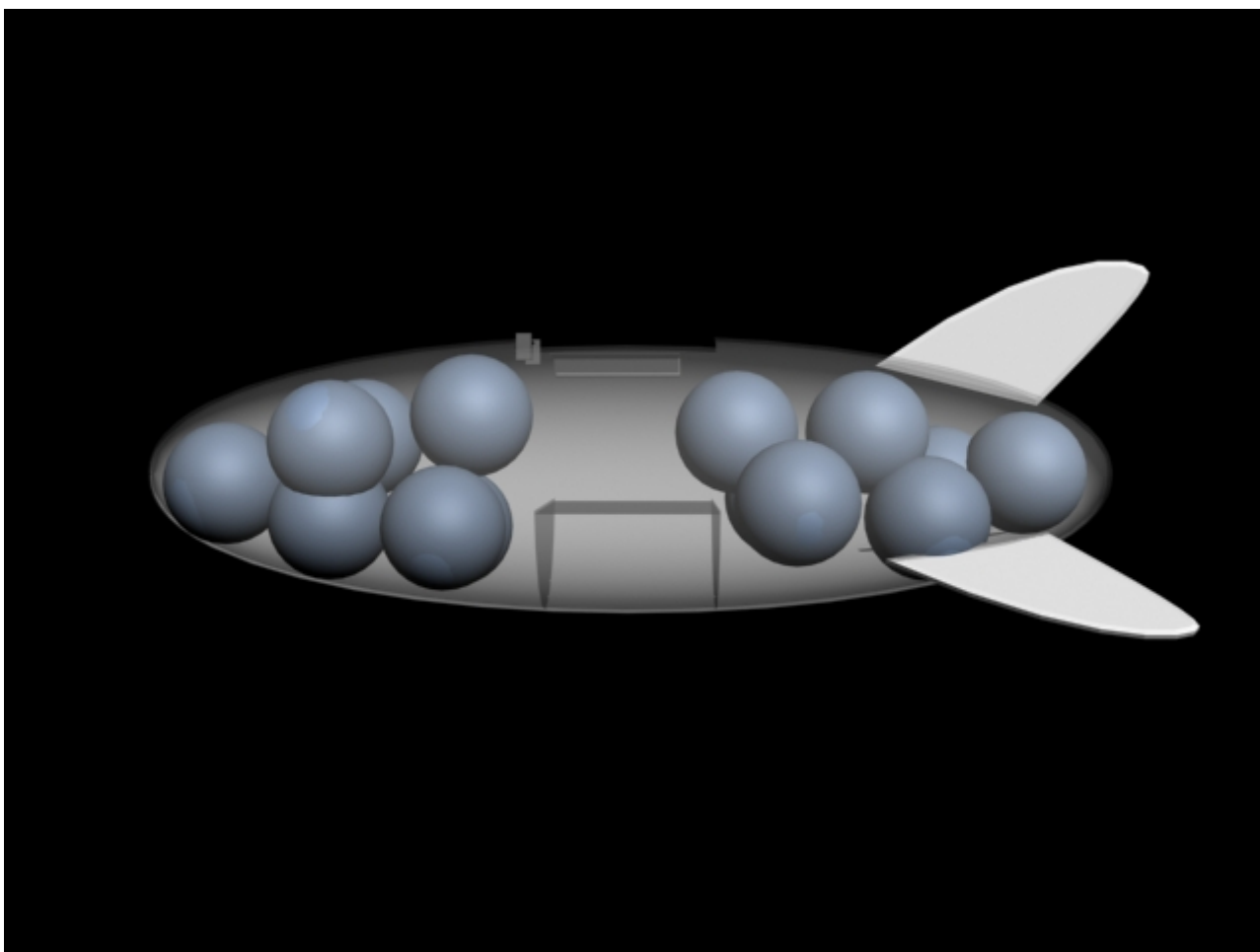


Рис. 1.5. Типичная картина расположения струйных течений над Северным полушарием



Дирижабль

Зависимость от погоды

Одним из главных недостатков дирижабля является зависимость от погоды. Оболочка дирижабля – достаточно хрупкая конструкция, поэтому ее надо дополнительно усиливать. На скоростях, на которых движется дирижабль, на его характеристики влияет сопротивление воздуха. Поэтому оболочку дирижабля надо делать обтекаемой. Самая обтекаемая форма – капля. Как показали эксперименты [16], наименьший коэффициент лобового сопротивления имеет капля с k удлинения 3,3-3,5.

Не оснащенный мотором дирижабль будет просто лететь по ветру, как воздушный шар, а для движения против сильного ветра ему нужен очень мощный двигатель. На сегодня мировой рекорд скорости дирижабля составляет 115 км/ч, против такого же ветра дирижабль может спокойно выстоять, не двигаясь при этом с места. Казалось бы, направление ветра на разных высотах меняется, но возникает проблема. Течения не постоянны, они не меняют своего направления, но меняют положение в зависимости от движения воздушных масс, поэтому двигатели нужны для переруливания от одного течения к другому. Для таких вот ситуаций надо будет постоянно контролировать скорость и направление ветра на всех высотах, что является одной из проблем реализации нашего проекта.

Устройство оболочки

Для выбора наилучших размеров орбитального дирижабля нужно сопоставить его возможности (полезная нагрузка, энергетика, лобовое сопротивление и др.) для разных размеров его корпуса.

В приведенной далее Таблице 2 приведены расчеты для корпусов 5-ти размеров.

Таблица 2

Радиус корпуса	м	40	40	30	30	30
Длина корпуса	м	400	300	300	250	200
Удлинение	ед.	5	3,75	5	4,17	3,33
Объём корпуса	м ³	1340416	1005312	565488	471240	376992
Площадь оболочки	м ²	80308	60937	45173	37898	30673
Аэростатич. сила	тонн	1272,907	954,680	537,008	447,506	358,005
Вес оболочки	тонн	16,062	12,187	9,035	7,580	6,135
Вес каркаса	тонн	100,3	75,3	56,4	47,0	37,6
Вес баллонов	тонн	8,2	6,2	3,5	2,9	2,3
Вес прочих частей	тонн	25	23	20	19	17
Сплавная сила	тонн	1123,307	838,089	448,073	371,011	294,938
то же - на h=5,6 км	тонн	486,853	360,749	179,570	147,257	115,935
то же - на h=9,2 км	тонн	232,272	169,813	72,168	57,756	44,334
Лобовое сопротивл.	тонн	11,810	9,300	6,922	5,946	4,950
то же - на h=5,6 км	тонн	5,905	4,650	3,461	2,973	2,475
то же - на h=9,2 км	тонн	3,543	2,790	2,076	1,784	1,485
Верт.тяга на h=5.6 км	тонн	10,227	8,054	5,994	5,150	4,287
Верт.тяга на h=9.2 км	тонн	11,266	8,872	6,603	5,672	4,722
Полная грузопод. на h=5,6км	тонн	497,080	368,803	185,564	152,407	120,222
то же - на h=9,2 км	тонн	243,537	178,684	78,771	63,428	49,056
Потребная мощность	кВт	5360,175	4221,214	3141,593	2698,902	2246,692
то же - на h = 5,6 км	кВт	2680,087	2110,607	1570,796	1349,451	1123,346
то же - на h =9,2 км	кВт	1608,052	1266,364	942,478	809,671	674,008
Мощность солн.батарей	кВт	5353,880	4062,480	3011,558	2526,515	2044,851
от потребной на h=,6 км	ед.	1,998	1,925	1,917	1,872	1,820
то же - на h=10,7 км	ед.	3,329	3,208	3,195	3,120	3,034

При расчёте форма дирижабля считалась эллипсоидом вращения; объём такого тела равен $\frac{4}{3} \pi a^2 b$ (где a – радиус корпуса, b – половина его длины), а площадь его поверхности [8]:

$$2\pi a \left(a + \frac{b^2}{\sqrt{b^2 - a^2}} \arcsin \left(\frac{\sqrt{b^2 - a^2}}{b} \right) \right)$$

Лобовое сопротивление и мощность, необходимая для движения с воздушной скоростью 100 км/час рассчитывались по методу и с помощью Ю.В. Щербакова [9], которому авторы выражают свою благодарность.

Оболочка дирижабля должна быть прочной и выдерживать достаточно большие нагрузки. Для этого внутри неё будет поддерживаться давление, на несколько Па превышающее наружное давление. Оболочка дирижабля будет сделана из листов углепластика или другого прочного твердого материала, на который нанесен рабочий слой солнечной батареи. Такая конструкция, прочность которой обеспечивается оболочкой, называется монококом. Однако для повышения прочности оболочка усиливается продольными стрингерами, кольцами по диаметру оболочки, и растяжками, так что это будет полу – монокок.

Подъемную силу обеспечивают шары, наполненные газом: гелием, водородом, их смесью или даже просто горячим воздухом. Несущий газ содержится как в больших (по 10 тыс. м³) баллонах - мешках из металлизированной лавсановой плёнки поверхностной плотностью 10 г/м² – так и в оболочках шаров-лифтов, описанных в следующей главе. Общий объём этих газовых ёмкостей занимает 90% пространства внутри внешней оболочки; вес их, как и прочих частей конструкции (двигатели, стабилизаторы, система электропитания и пр.), учтён в Таблице 2. Аэростатическая сила рассчитывалась в предположении, что несущим газом является гелий. В будущем в качестве несущего газа сможет, наверное, использоваться и водород – при добавке в него ингибиторов, предотвращающих взрыв [10], однако промышленного применения эта технология пока ещё не получила.

Двигатели с винтами могут при необходимости отклоняться вверх, создавая вертикальную составляющую тяги, которая добавляется к сплавной силе, увеличивая грузоподъёмность орбитального дирижабля. Этим можно пользоваться, скажем, для того, чтобы достичь высоты струйного течения, если для этого не хватает сплавной и аэродинамической подъёмной силы дирижабля. Конечно, при этом его двигатели будут работать на полную мощность, и придётся выбирать: лететь ли на полной скорости вперёд, снижаться в более плотные слои атмосферы (где Архимедова сила будет выше) или расходовать запасённую в аккумуляторах энергию.

Как уже говорилось, панели оболочки орбитального дирижабля являются одновременно солнечными батареями, позволяющими получать с каждого квадратного метра ток мощностью 200 Вт. Как видно из приведенной таблицы, суммарная мощность этих батарей (считая, что её даёт лишь 1/3 солнечных батарей, которая освещена солнцем) в 1,8-3,3 раза превышает ту мощность, которая

расходуется на движение дирижабля. Поэтому эту электроэнергию можно аккумулировать и использовать для движения в тёмное время суток. Разумеется, на борту необходимо иметь и резервный источник электропитания. Для этой цели предлагается использовать водородные топливные элементы [11] общей мощностью 1-2 МВт и аккумуляторные батареи.

На верхней части оболочки устроены палубы и шлюзы для приёма шаттлов с грузом в контейнере, а в нижней части – шлюзы с люками для их возврата на землю. Шлюзы нужны для того, чтобы при загрузке и разгрузки дирижабля внутреннее давление в оболочке не падало. Принятые контейнеры вместе с носителями транспортируются (по пустотам между баллонами с несущим газом) в трюм, где закрепляются за элементы каркаса.

Общая схема устройства дирижабля показана на рис. 2.1.

Процесс полета

Рабочая высота грузового дирижабля 6-10 км. На этих высотах постоянно дуют антипассаты и струйные течения, которые всегда движутся с запада на восток. Дирижабль движется по этим течениям с запада на восток, а шаттлы подходят к нему спереди в том же направлении, но с меньшей скоростью. Дирижаблю нужна очень прочная оболочка, т.к. при входе в воздушное течение на дирижабль действует большая разница скоростей ветра. В самом течении дирижабль движется со скоростью около 200 км/ч. При этом его двигатели могут быть даже выключены, и течение будет само нести его, а дирижабль будет находиться в состоянии покоя относительно окружающей среды (как аэростат). Двигатели требуются для перемещения между различными течениями и для точного выхода к точке стыковки с шаттлом и выгрузки его над точкой приземления. Двигатели питаются от солнечных батарей, расположенных в верхней части корпуса дирижабля. Полёт дирижабля с выключенными двигателями в струйных течениях позволяет экономить накопленную электроэнергию в часы между заходом и восходом Солнца. При полёте в антипассате это время может растянуться в южных широтах почти до 12 часов, при полёте в струйном течении – сократиться до 10 часов, а в северных широтах – и того меньше.

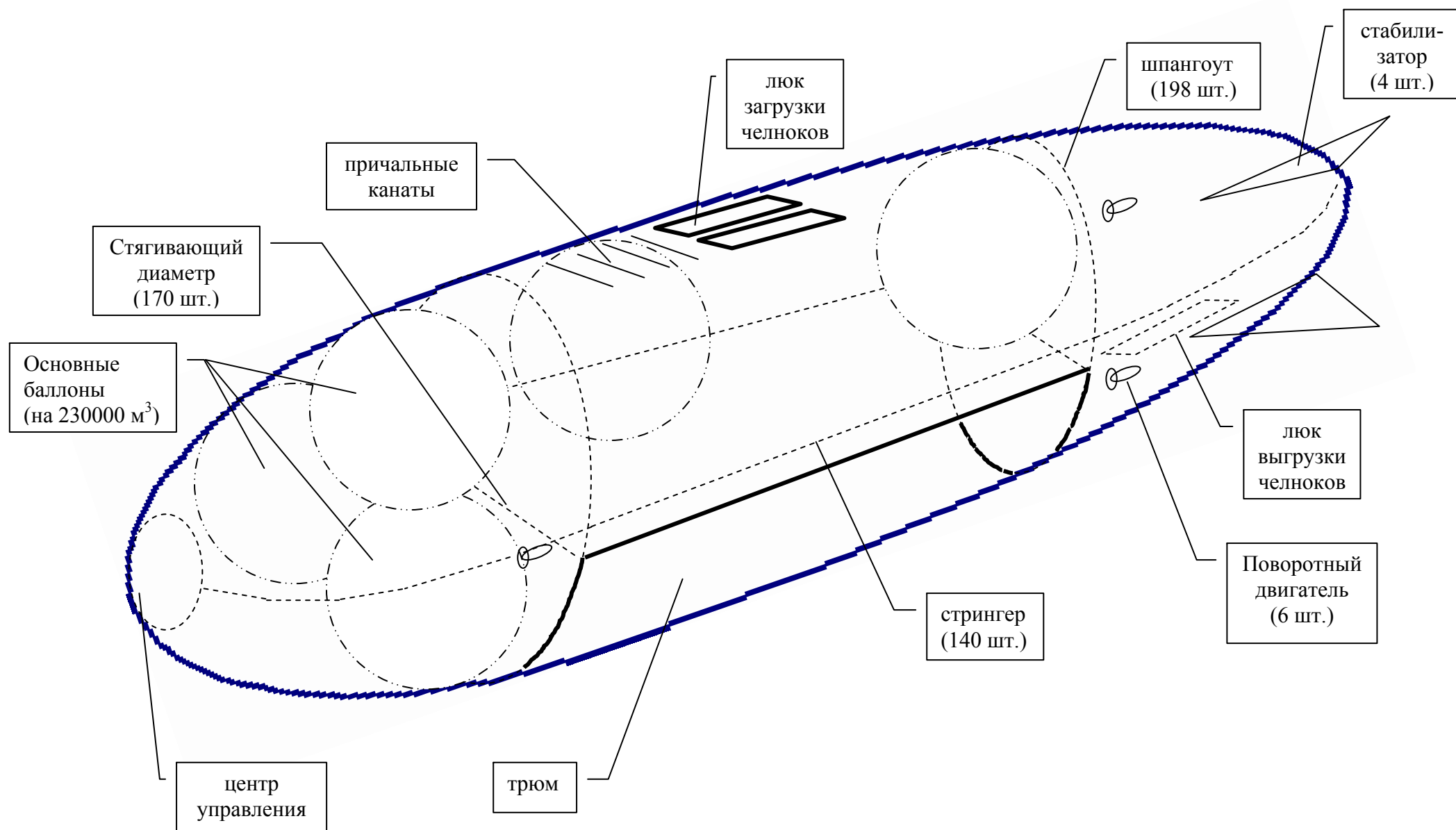


Рис. 2.1. Общая схема орбитального дирижабля (L = 300 м, R = 30 м)

Глава 3. Как загружать и разгружать?

Шаттл

Устройство

Оболочка

Шаттл представляет собой модификацию обыкновенного теплового дирижабля. Оболочка представляет собой доработанную версию оболочки дирижабля «Полярный гусь» (см. фото 3.1). На подобной оболочке был поставлен мировой рекорд высоты на тепловом дирижабле - более 8 км [13].



Фото 3.1. Дирижабль Аи-35 «Полярный гусь»

Главное отличие: оболочка нашего дирижабля многослойная; это позволяет резко повысить его грузоподъемность и одновременно снизить мощность горелки (а значит, и её вес, и необходимый запас топлива) [14].

Как показали расчёты, такой дирижабль при объёме оболочки 4250 м^3 и мощности горелки 125 кВт поднимает полезный груз 1 т на высоту 9 км менее чем за 25 минуты, затратив на это около 4 литров топлива (пропана). При этом температура внутри оболочки достигает 370°C , т.е. несколько внутренних слоёв оболочки должны изготавливаться из особо термостойкой, полиимидной (ПИ) плёнки, более внешние – из лавсановой (ПЭТ), затем – из полипропиленовой (ПП), а находящиеся рядом с внешним слоем – из полиэтиленовой (ПЭ) плёнки (см. рис. 3.1). Самый внешний слой является несущим и поэтому должен быть достаточно прочным – ведь на него передаётся почти вся нагрузка – и воздухонепроницаемым, а также рассчитанным на применение при наружной температуре до -50°C (температура внутри этого слоя будет уже всего лишь около -20°C).

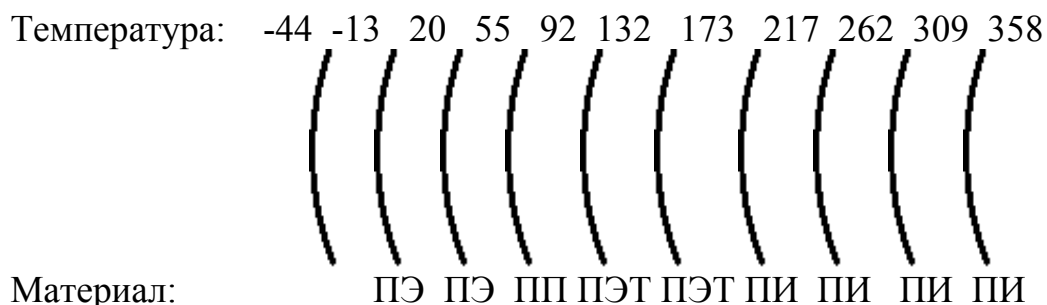


Рис 3.1. Условия работы и материал слоёв оболочки челнока

На большой высоте возникает проблема нехватки кислорода для поддержания пламени в горелке. Поэтому оболочка будет полностью замкнутой, а дополнительный кислород в оболочку будет вдувать турбина. Она будет нагнетать воздух к горелке, а избыток газа, выходящий из оболочки через выхлопную трубу, будет помогать крутить эту турбину.

Горловина оболочки заканчивается стыковочным кольцом, позволяющим притянуть оболочку к контейнеру при подъёме в верхние слои атмосферы и не дать оболочке схлопнуться при старте с дирижабля.

Системы

Шаттл – дирижабль, поэтому его основная расположенная на борту система это двигатель.

Двигатель позволяет шаттлу перемещаться в горизонтальном направлении, поскольку шаттлу зачастую придется доставлять грузы с достаточно большого расстояния.

Шаттл – беспилотный дирижабль, поэтому он оборудован датчиками, снимающими показания с окружающей среды и систем, и компьютером, контролирующим работу шаттла в соответствии с планом полета и командами с земли. Также шаттл оборудован видеокамерами (новейшая разработка в этой области – камера обзора на 360 градусов, может передавать информацию в наземный пульт управления).

Информация с шаттла передается в командный центр. На борт из командного центра возвращается информация о плане полета, который преобразуется локальным процессором в команды управления двигателем, горелкой и устройствами стыковки.

Контейнер с грузом

Шаттл является грузовым ЛА, поэтому обязательной частью его конструкции является контейнер с грузом. В верхней части контейнера монтируются горелка, бортовой компьютер, двигатели располагаются по бокам с двух сторон. Также сверху расположено стыковочное кольцо оболочки, оборудованное моторами для подтягивания оболочки к контейнеру в верхних слоях. Когда шаттл находится внутри оболочки дирижабля, его сложенная оболочка размещается сверху на контейнере. После этого к контейнеру цепляется лифт, который перемещает его внутри орбитального дирижабля. Материалом изготовления контейнера служит

прочное и легкое углеводородное волокно, усиленное для сопротивления высоким нагрузкам и низким температурам. Контейнер должен иметь достаточный для перевозки крупных грузов объем и аэродинамическую форму, необходимую для управляемого выполнения стыковки с дирижаблем.

Процесс взлета

Старт

Взлет шаттла может происходить прямо с площадки производителя товара либо накопительных складских центров. Надув оболочки идет при помощи стационарного фена, после чего включается горелка, и шаттл взлетает. В это время нижняя часть оболочки открыта, и подсос воздуха проходит естественным путем.

Полет в тропосфере

Для полета в нижних слоях атмосферы (тропосфере) не нужен внешний подсос воздуха, поэтому нижняя часть оболочки открыта, и воздух подсасывается естественным путем. Полет проходит по заданному маршруту. Дирижабль перемещается при помощи винтов к месту входа в верхние слои атмосферы.

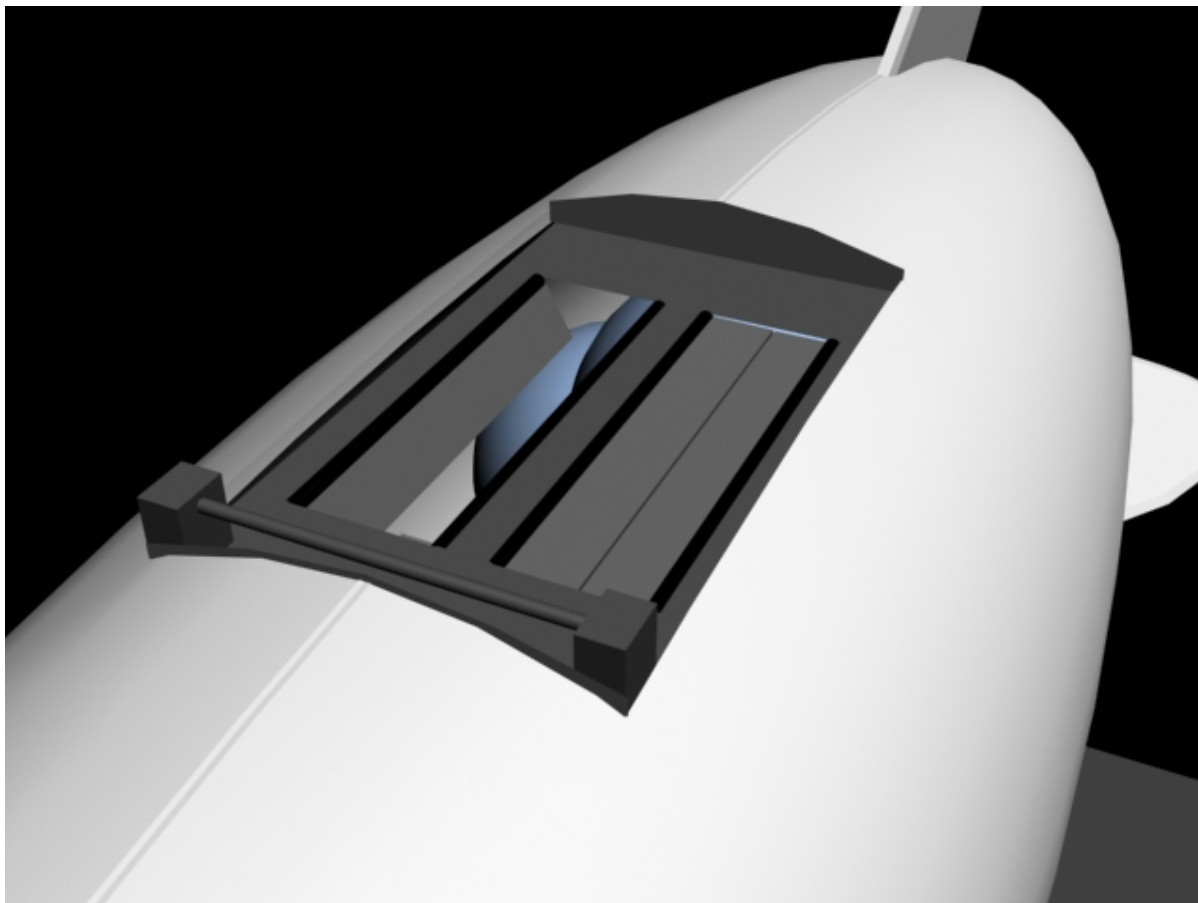
Процесс полета

Полет в верхних слоях атмосферы

Когда шаттл готовится войти в верхние слои атмосферы, нижняя часть оболочки (горловина) закрывается. Поскольку воздух в верхних слоях атмосферы сильно разрежен, то подсос воздуха происходит с помощью расположенной в юбке турбины. Оболочка полностью закрыта, поэтому воздух подается в оболочку через турбинные отверстия, и выходит через односторонние клапаны.

Полёт в струйных течениях

В верхних слоях атмосферы проходит множество струйных течений, по которым передвигаются дирижабли. Поэтому шаттлу требуется либо самому войти в струйное течение, либо вызвать оттуда дирижабль. Поскольку второе гораздо сложнее, остается входить в течение самому. Процесс входа в струйное течение проходит иначе, чем у большого дирижабля. Задача входа в струйное течение крайне сложна. Шаттл входит в течение снизу. Он как бы ныряет в него, после чего его скорость резко возрастает, но она остается ниже скорости идущего по течению орбитального дирижабля. Дирижабль подходит к шаттлу сзади по потоку, после чего происходит стыковка.



Процесс стыковки

Перед стыковкой шаттл выпускает посадочный трос с якорем на конце, который цепляется к причальным канатам на посадочной площадке дирижабля (*a* на рис. 3.2). После этого оболочка расстыковывается с контейнером с грузом и переворачивается вверх ногами (*b* на рис. 3.2). Контейнер за счёт аэродинамической формы летит за дирижаблем, как воздушный змей, и постепенно вытягивается в посадочный люк за трос, при этом оболочка играет роль парашюта и препятствует быстрому провалу контейнера внутрь.

В верхней шлюзовом отсеке орбитального дирижабля расположены роботы, которые аккуратно сворачивают оболочку и складывают ее сверху на контейнере (*b* на рис. 3.2). Схема сбора оболочки напоминает схему укладки парашюта. В этом отсеке, где поддерживается температура около 0°C , оболочка вытягивается в теплоизолирующий чехол вместе с трубкой для наддува, которая будет использоваться при отправке челнока на землю, снова стыкуется с контейнером, сворачивается для хранения до момента отправки шаттла на землю и укладывается на контейнер.

Хранение и перемещение по борту

Перемещение контейнера со свёрнутой оболочкой на борту дирижабля осуществляется при помощи шаров-лифтов. Эти шары могут доставлять груз в любую точку дирижабля, однако основные их функции

- доставка груза от верхней площадки до трюма (*z* на рис. 3.2),
- поддержка груза на весу в трюме в прицепленном состоянии (*d* на рис. 3.2).

После прибытия орбитального дирижабля к месту выгрузки шаттла, водород из лифтов перекачивается в газовую систему, а груз вместе с оболочкой перемещается к шлюзу разгрузки.

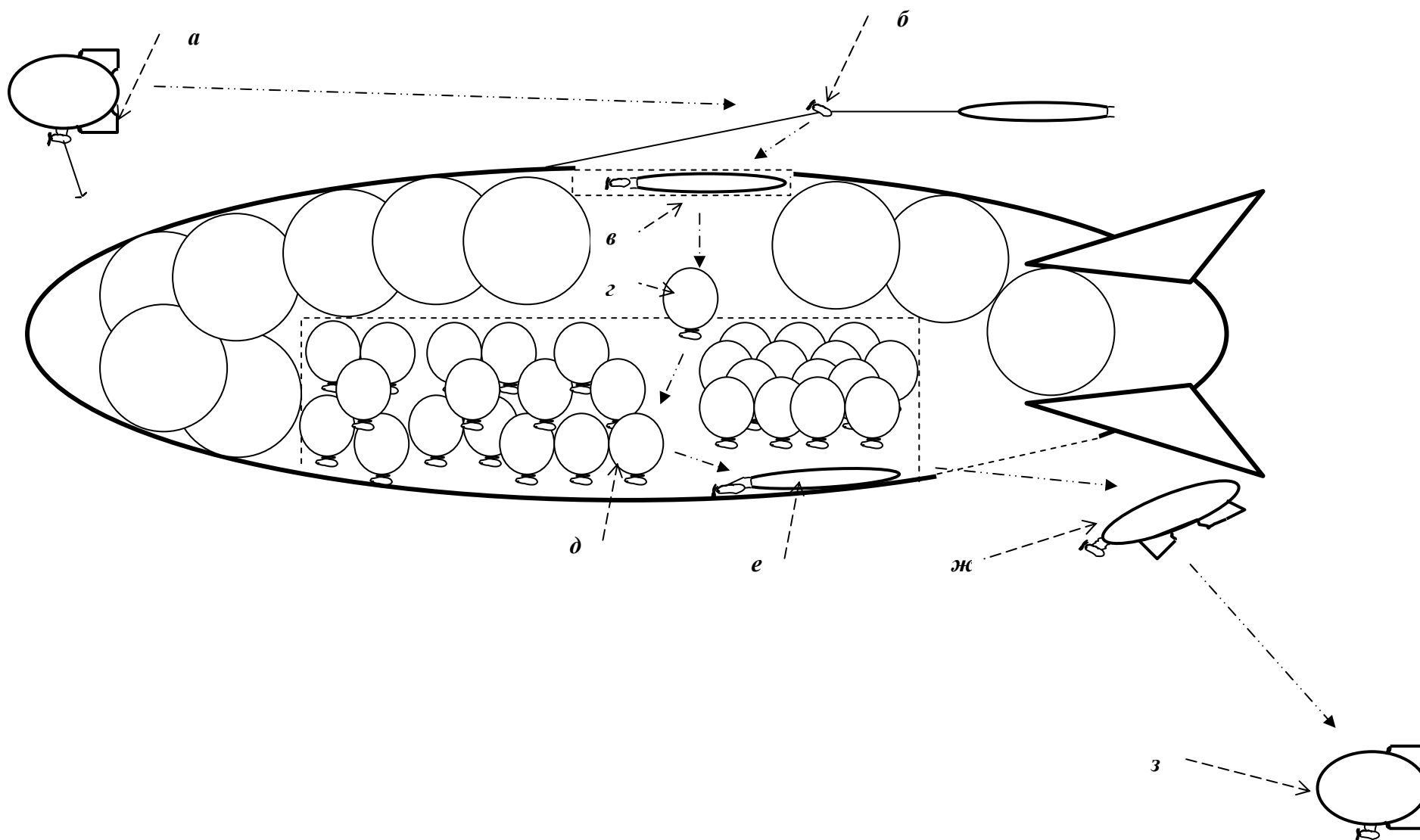


Рис 3.2. Загрузка, хранение грузов и разгрузка орбитального дирижабля

Взлет с борта

Отсоединение от борта

Бортовые роботы шлюза разгрузки расправляют оболочку шаттла, стыкуют ее с контейнером и слегка надувают оболочку горячим воздухом, чтобы внутренние слои не стали хрупкими от мороза и не повредились (*е* на рис. 3.2). После этого груз сбрасывается через внешний люк шлюза разгрузки.

Наполнение оболочки

После сброса груза происходит частичное наполнение оболочки встречным воздухом, который входит в нее через отверстие в нижней части, зафиксированное стыковочным кольцом оболочки (*ж* на рис. 3.2).

Полет в верхних слоях атмосферы

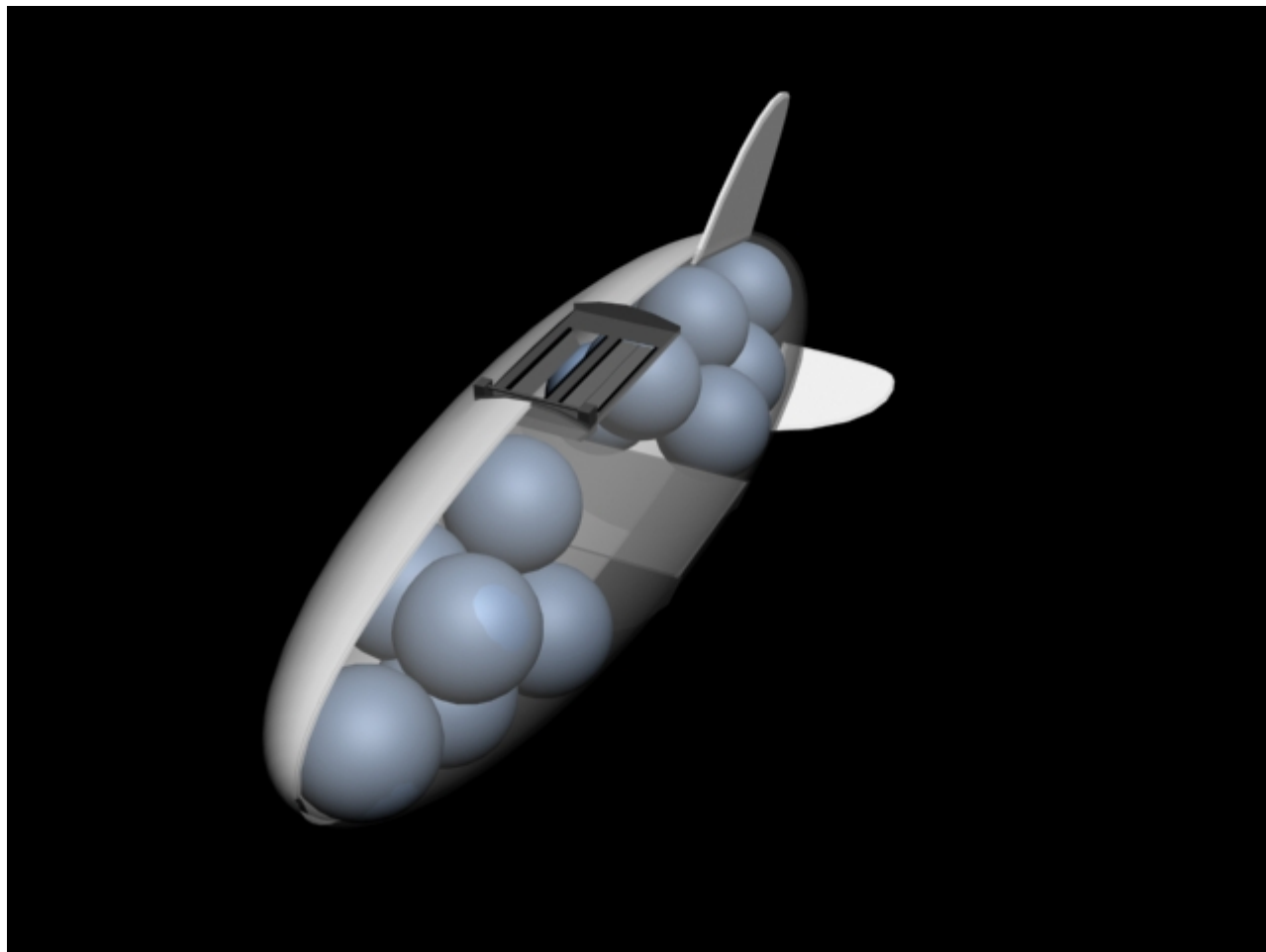
После частичного наполнения оболочки включается горелка, доводящая оболочку до рабочего состояния (*з* на рис. 3.2). Но поскольку в верхних слоях атмосферы воздух разрежен, то горловина оболочки опять закрывается, и включаются вентиляторы, которые подкачивают воздух для корректной работы горелки.

Полет в тропосфере

Когда шаттл входит в более низкие слои, оболочка поднимается, и перестает работать наддув. Дирижабль летит в нормальном режиме, воздуха достаточно для поддержания пламени.

Посадка

Посадка шаттла не сильно отличается от взлета с земли и посадки на причальную палубу. Дирижабль подходит по ветру к точке приземления и выбрасывает крюк, который цепляется за натянутый трос. После этого происходит посадка. При посадке возможен переход с автоматического управления на ручное.



В центральной части корпуса дирижабля расположен коридор, который ведет из верхней части оболочки, где расположены причальные палубы, до нижней части: трюма, где расположены грузы.

Под причальными палубами расположен отсек с оболочками газонаполняемых шаров «лифтов»).

Когда новый шаттл причаливает к дирижаблю, он попадает в верхний отсек, где его оболочка аккуратно сворачивается бортовым роботом и складывается на верхней части контейнера с грузом, который прицепляется к оболочке шара-лифта. Лифт наполняется водородом до достижения небольшой отрицательной плавучести и опускается бортовым роботом в трюм, где крепится к каркасу, как и сам груз. Лифт также позволяет перемещать оборудование внутри корпуса дирижабля, но главная его функция – хранение грузов. У грузенного лифта отрицательная плавучесть, что не позволяет ему самостоятельно подниматься вверх. Это сделано для того, чтобы грузы находились в состоянии покоя в отсеке, а не летали по всему дирижаблю. Правда, шару-лифту можно обеспечить и небольшую положительную плавучесть - например, для проведения ремонтных работ или для возврата на верхнюю палубу после отправки контейнера с грузом.

Глава 4. - как управлять и эксплуатировать?

Командный центр

Ну вот есть у нас дирижабль, шаттл, но как все это полетит при отсутствии контроля? Поэтому еще одна важная вещь для использования орбитального грузового дирижабля – это командный центр. Работа командного центра должна идти по 3 направлениям.

Технический отдел

Осуществляет контроль за состоянием всех систем дирижабля. В нем осуществляется управление полетом и всеми системами самого дирижабля, из технического отдела идет управление ремонтными роботами, полетом самого дирижабля, системой шаттлов. Технический отдел неразрывно связан с другими 2 отделами – экономическим и географическим. Из экономического отдела поступает информация о грузах и их местоположение, о точке доставки, прочая информация, связанная с товарами. С учетом этих данных корректируется маршрут полета шаттлов.

Экономический отдел

Это третий по важности отдел после географического и экономического. В него поступает информация о заявках на перевозку грузов. Также в этом отделе находятся специалисты, которые оценивают стоимость товара, длину маршрута и назначают стоимость перевозки, после подтверждения заказа направляет информацию о грузе в географический отдел, где корректируется маршрут дирижабля и шаттла в соответствие с весом и размером груза.

Географический отдел

Географический – второй по важности отдел командного центра. В нем идет очень важная работа по анализу погодных условий и прокладки маршрутов с учётом этих условий, а также полученных заявок с указанием пунктов отправки и получения грузов. Подготовленная информация поступает в технический отдел для непосредственного управления полётом дирижаблей и шаттлов, а также службами приёма, оформления и выдачи грузов и стартовыми службами.

Фрагмент другой части системы контроля и управления движением - бортовых комплексов – представлен на рис. 4.1.

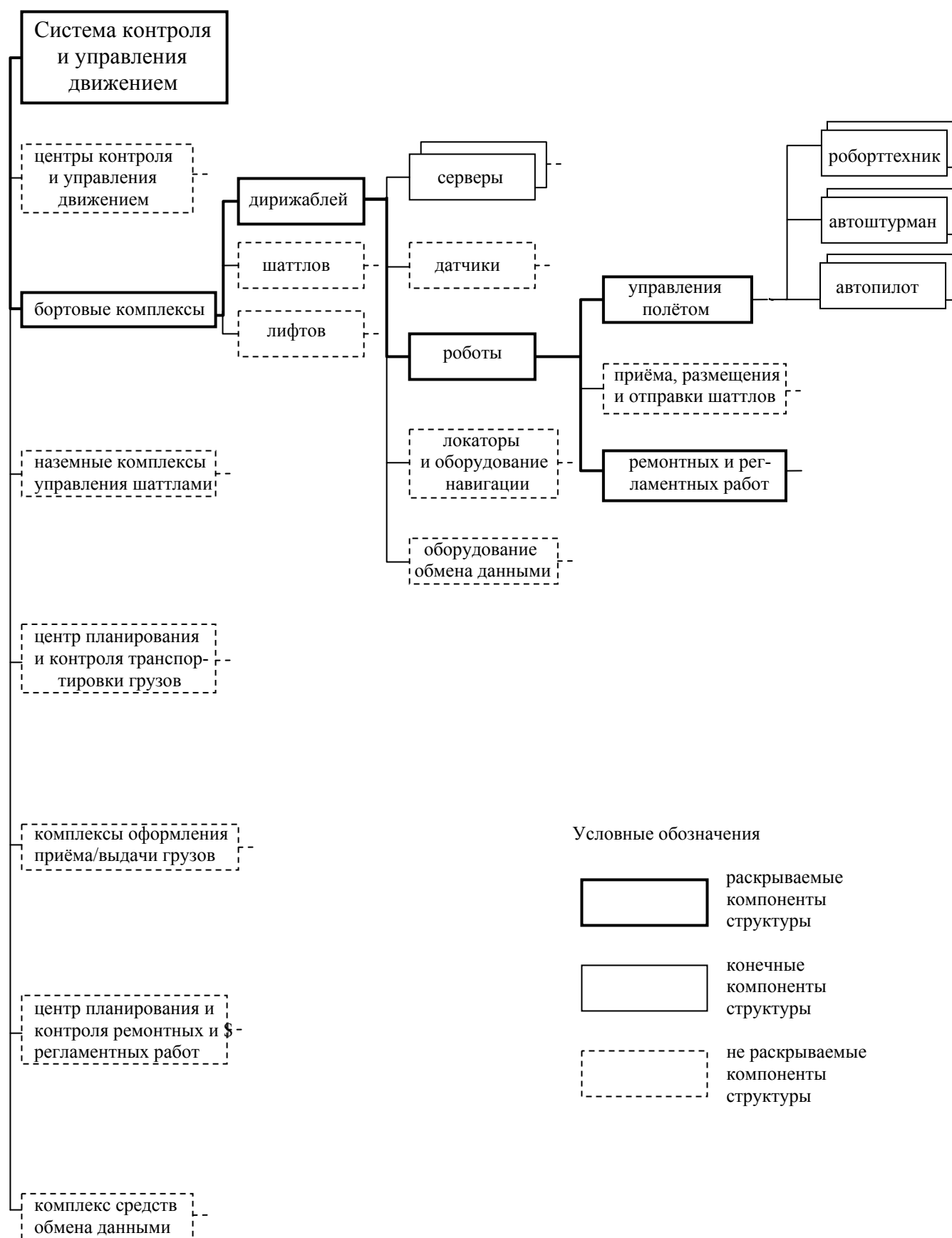


Рис. 4.1. Структура системы контроля и управления движением (фрагмент)

Глава 5. Как строить и ремонтировать

Дирижабль строятся и ремонтируются на земле в эллингах, после чего выводятся на открытый воздух для взлёта. Здесь мы наталкиваемся ещё на одну проблему: в результате ветра при выходе из эллинга дирижабли в прошлом нередко получали повреждения. Наш дирижабль будет очень большим, поэтому его постройка и ремонт являются достаточно сложным делом, так что поднимать его надо аккуратно и с учетом погодных условий. Для этого эллинг должен быть построен не как дом с дверью, а как выемка в земле, из которого подниматься дирижабль будет вертикально. К тому же дирижабль в этом эллинге иметь возможность поворачиваться, чтобы позиционироваться против ветра при подъеме из эллинга.

Постройка такого заглублённого эллинга, конечно, очень трудоёмкое дело; но его можно удешевить, если использовать огромные карьеры, образующиеся при открытом способе добычи полезных ископаемых. Для защиты от погодных условий такой карьер, диаметр которого может превышать полкилометра, можно использовать мембрану, поддерживаемую избыточным давлением, и устанавливаемую/убираемую с помощью буксирных вертолётов или грузовых привязных аэростатов (см. рис. 5.1). Для въезда и выезда из-под мембраны в ней устраиваются шлюзы, так что добычу ископаемых в карьере можно продолжать одновременно со строительством или ремонтом дирижабля.

При выходе из заглублённого эллинга удерживать дирижабль против ветра помогут двигатели, которые способны, как уже говорилось выше, обеспечивать воздушную скорость до 115 км/ч, а значит, и удерживать его на месте при такой же скорости встречного ветра.

Благодаря баллонам с газом, находящимся внутри оболочки, возникает аэростатическая подъемная сила, за счёт которой дирижабль поднимется до рабочей высоты 6-10 км. Дополнительная аэродинамическая подъёмная сила при подъёме из заглублённого эллинга может возникать из-за разности скоростей воздушного потока, обдувающего верхнюю и нижнюю поверхности оболочки дирижабля.

При необходимости капитального ремонта дирижабля он заводится в эллинг в обратном порядке: вначале буксирные вертолёты (или грузовые привязные аэростаты) убирают мембрану, затем приземляемый дирижабль позиционируется против ветра над карьером-эллингом, после чего с него сбрасываются причальные тросы, которые закрепляются за причальные мачты. В завершение дирижабль с помощью и причальных тросов, и собственных двигателей втягивается в заглублённый эллинг, а мембранная крыша вновь устанавливается над ним.

Однако, мелкий ремонт, так же, как и регламентные работы, должны выполняться на дирижабле без приземления и размещения в эллинге.



Рис. 5.1. Заглублённый эллинг для постройки и капитального ремонта орбитальных дирижаблей

Глава 6. Как проектировать

Предлагаемый нами проект системы орбитальных беспилотных грузовых дирижаблей не предназначен для реализации в ближайшие годы. Даже в периоды экономического бума и даже менее масштабные проекты [см. 2-4] были рассчитаны на срок 5-10 лет - и, как известно, все эти проекты были по разным (в основном, финансовым) причинам остановлены до постройки хотя бы опытного образца. В нашем же случае к техническим и финансовым проблемам прибавляются проблемы отсутствия экономических и правовых механизмов, необходимых для бесперебойного функционирования предлагаемой глобальной автоматизированной транспортной системы. И трудно сказать, когда государства разрешат беспрепятственно летать (а тем более - бесконтрольно сбрасывать грузы) над своей территорией огромным беспилотным дирижаблям, маршруты которых зависят от состояния струйных течений, расположения отправителей и получателей грузов и т.п.

Но это означает, что функциональные и технические характеристики подсистем, изделий и материалов, из которых будут строиться беспилотные грузовые дирижабли (БГД), будут несопоставимо лучше характеристик, доступных при современном уровне техники. То же самое можно сказать и о научном аппарате, который сегодня, может быть, и не всегда достаточен для решения всех задач создания БГД и управления их движением (например, для прогнозирования развития струйных течений в их взаимодействии с антипассатами). Поэтому мы рассчитываем в нашем проекте на такой уровень науки и техники, каким он может быть через 20 лет – к тому времени, когда мы вырастем, выучимся и сможем по своему опыту, знаниям и возможностям реально проектировать БГД.

В частности, к этому времени должен быть решён целый ряд проблем, не позволяющих пока ставить вопрос о создании серьёзного, технически и экономически обоснованного проекта системы орбитальных грузоперевозок с использованием БГД. Эти проблемы могут быть связаны с отсутствием сегодня:

1. Условий реализации проекта (или этапа проекта) необходимого объекта или подсистемы.

К этой группе относится, скажем, проблема разработки Техно-экономического обоснования (ТЭО) – самого первого этапа профессиональной разработки любой серьёзной системы. Требуемый объём работ, начиная со сбора всей необходимой информации, невозможно выполнить без создания условий для этого: финансирование, кадры и т.п. Всё, что предшествует разработке ТЭО – это ещё не проектирование системы, а только подготовка к нему.

Другой пример проблем этого класса – отсутствие доступной информации о струйных течениях над территорией России (см. рис. 1.5 Главы 1).

2. Проекта такого объекта или подсистемы. К этой группе можно отнести:

- проект системы глобального мониторинга воздушных течений. В отличие от ТЭО, такая система нужна для очень многих потребителей, поэтому можно не сомневаться, что её проектирование и поэтапное создание не за горами – тем более, что такой мониторинг уже частично ведётся в интересах различных международных и государственных служб,

- проект системы флегматизации водорода или удаления его из воздушной смеси также интересен очень многим потребителям (и не только в воздухо-

плавлении), поскольку водород становится всё более перспективным видом топлива. Появления различных проектов такого назначения тоже можно ожидать в самое ближайшее время, причём совершенно независимо от проблемы создания БГД,

- проект создания крупногабаритной и лёгкой фотоэлектрической панели с высоким КПД также нужен очень многим, а не только для БГД, поэтому намеченные выше в Главе 2 параметры солнечных батарей БГД в перспективе 20 лет не кажутся нам завышенными ([12]).

- проект системы контроля и управления логистикой тоже будет развиваться независимо от проблемы орбитальных грузоперевозок, поскольку в нём заинтересованы все грузоперевозчики, несущие сейчас убытки от громоздкой и неэффективной системы прохождения грузопотоков через административные лабиринты позапрошлых веков - с их таможнями, бумажными документами и многочасовыми очередями на границе. Впрочем, для такой полностью автоматической системы, как БГД, всё документирование работы которой ведётся в единой базе данных наземного центра управления, есть широкие возможности адаптации к существующим ограничениям для логистики,

- проект системы постройки и капитального ремонта БГД – и это практически единственная проблема данной группы, полностью зависящая от специфики транспортной системы.

3. Идеи построения объекта или подсистемы. В качестве примера можно указать проблемы:

- технического обслуживания и текущего ремонта орбитальных дирижаблей,
- управления орбитальным дирижаблем в нештатных условиях,
- создания шаттла с диапазоном маневра в сотни километров,

4. Научной или информационной базы для рождения идеи, например:

- планирования орбитальных воздушных перевозок,
- построения адаптивных бортовых роботов.

Заключение

Пока перечисленные проблемы не решены и дирижабль наш ещё не строится, попробуем промоделировать его использование на примере транспортировки груза с использованием струйных течений, реально существовавших в 6-00 по Гринвичу 20 февраля 2009 года над Северной Америкой и северной частью Тихого и Атлантического океана. Фактическую карту ветров на этот момент на высоте, соответствующей давлению 300 миллибар (примерно 9100 метров) см. Карты 1-3 Приложения. Отталкиваясь от этой фактической картины, Государственный университет Сан-Франциско [7] опубликовал прогноз изменения ветров на 10 12-часовых периодов. Насколько точным оказался этот прогноз, не так важно – ведь подкорректировать маршрут движения дирижабля можно сразу при получении свежих метео данных. А как видно из карт, приведенных в Приложении, расположение и сила струйных течений даже за 12 часов меняется не слишком сильно. В общем, для простоты расчёта мы предположили, что прогноз изменения ветров был абсолютно точным. А сам расчёт проводили по формулам, широко используемым в авиации для прокладки маршрутов на карте (см. [15])

Наш воображаемый «полёт» по карте начался в 2-00 по Гринвичу (14-00 по местному времени), когда у берегов Камчатки с борта сейнера были один за одним с интервалом 5 минут запущены 4 контейнера весом в 1 тонну каждый с только что пойманными свежими крабами для доставки их получателям в Оттаве, Нью-Йорке, Лондоне и Париже. Технические вопросы отправки, приёма, транспортировки, выгрузки и получения грузов обсуждаются в следующих главах, здесь мы отметим только, что через 25 минут поле запуска каждый контейнер оказался на высоте 9000 м, израсходовав по 4 кг бортового горючего (пропан-бутановой смеси).

Поскольку сила ветра на этой высоте, как видно по Карте 1 (см. Приложение 1), была 110 узлов (около 200 км/час), то эти контейнеры дрейфовали в струйном течении на расстоянии 16,5 км друг от друга, пока грузовой дирижабль не собрал их один за другим с 2-40Z до 3-24Z (буквой Z для краткости обозначается время по Гринвичу), передвигаясь от одного груза к другому с воздушной скоростью 60 узлов (примерно 108 км/час). За время дрейфа для удержания контейнеров на одной высоте было израсходовано ещё 15,4 кг бортового горючего (7,2 кг – для первого, 4,8 кг – для второго и 2,4 кг – для третьего контейнера).

В 3-00Z координаты дирижабля были 54° с.ш. 170° в.д. После сбора контейнеров он продолжил движение вдоль струйного течения с воздушной скоростью 60 узлов, к которой прибавлялась скорость струи, составлявшая, как уже было сказано, 110 узлов. Таким образом, скорость дирижабля относительно земли (лучше сказать – относительно Берингова моря) была в начале маршрута 170 узлов (примерно 315 км/час).

Можно было бы, конечно, не тратить зря энергию, лечь в дрейф и лететь «потихоньку», со скоростью «всего» 200 км/час. Но если заглянуть в прогноз на 18-00 Z, то станет ясно, что лучше поторопиться: «наша» струя собирается повернуть к югу, и дирижабль может оказаться с ней в середине Тихого океана – а как потом

оттуда прорываться к Северной Америке, неизвестно. Поэтому лучше всё же идти на крейсерской скорости, на которой можно, к тому же, накапливать энергию в аккумуляторах. Ведь ещё час - пока не зашло солнце (т.е. до 16-00 местного времени, или до 4-00Z) - солнечные батареи будут давать в 3 раза больше мощности, чем необходимо для крейсерского полёта (см. Главу 2).

Другая опасность: что струйное течение выбросит дирижабль к 70-й параллели – а ведь оттуда придётся потом возвращаться на юг: к Оттаве и Нью-Йорку. Поэтому, как показали пробные расчёты, идти дирижаблю лучше не вдоль оси струйного течения, а под углом 30^0 вправо от неё. Тогда через 10 часов, к 13-00Z дирижабль достигнет координат $63^044'$ с.ш. $150^042'$ з.д. и выйдет из «Чукотской» струи.

Но и далеко на север, куда несёт дирижабль струя в начале маршрута, уходить тоже не стоит: можно промахнуться мимо ядра соседней струи, которая по прогнозу на 18-00Z будет находиться на 65-й параллели. Поэтому дирижаблю надо двигаться под углом 30^0 вправо от направления ветра.

После 4-00Z придётся идти только на аккумуляторах, и к 6-00Z координаты дирижабля будут $60^056'$ с.ш. 178^0 в.д.

После входа в центральную зону «Американской» струи в 18-00Z (9-00 по местному времени) можно лечь в дрейф и двигаться вместе со струёй, ускоряющейся со 110 до 145 узлов и затем опять снижающей скорость до 100 узлов. За 15 часов полёта с тягой был израсходован запас электроэнергии в аккумуляторах, для восполнения которого потребовалось 5 (а при работающих двигателях и все 7) часов подзарядки. Как раз в это время должно взойти солнце и осветить все солнечные батареи правого борта дирижабля, после чего световой день будет продолжаться ещё 6 часов.

Результаты такого детального рассмотрения всего полёта по намеченному маршруту представлены на Карте 1. В целом выполнение намеченного маршрута с проходом над Нью-Йорком, Оттавой, Лондоном и Парижем для выгрузки над ними контейнеров с тонной камчатских крабов заняло 90 часов – меньше 4-х суток.



Карта 1. Пример маршрута доставки орбитальным дирижаблем груза с Камчатки в Нью-Йорк, Оттаву, Лондон и Париж

Выводы

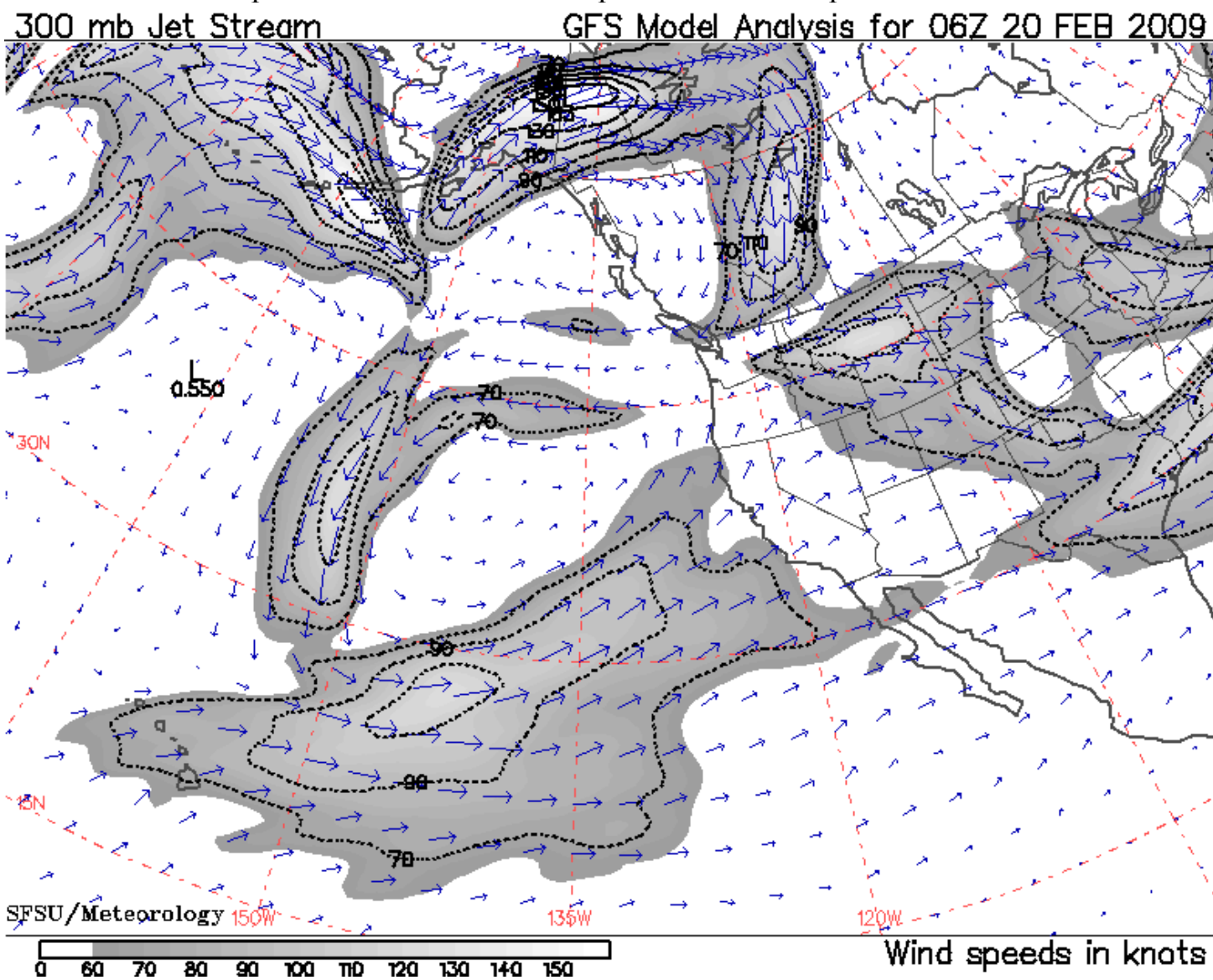
1. Воздухоплавательные средства могут эффективно использоваться для массовых грузоперевозок
2. Использование струйных течений позволяет организовать регулярное движение грузовых дирижаблей
3. Большинство функций по управлению орбитальным дирижаблем и его техническим обслуживанием может выполняться бортовыми роботами
4. Беспилотные дирижабли могут использовать водород в смеси с гелием или другими флегматизаторами
5. Монгольфьер – шаттл – новое эффективное средство загрузки и разгрузки дирижаблей
6. Шарльер-«лифт» – новый способ статической балансировки жёсткого дирижабля, перевозящего в трюме массовые грузы
7. Для постройки заглублённых эллингов могут использоваться открытые выработки горных пород, перекрытые надувной крышей-мембраной

Список литературы

1. Е. Максимов. Программа создания массового беспилотного теплового дирижабля. «Ярмарка идей на Юго-Западе-2006», Ф1-1175, М. 2006. (см. <http://aerostat4all.narod.ru/books/book1.pdf>)
2. Cargolifter AG (см. <http://en.wikipedia.org/wiki/Cargolifter>)
3. Р. Иванов. Разработка транспортных дирижаблей с полезной нагрузкой повышенной массы. «Зарубежное военное обозрение» №5, 2002 г. (см. <http://www.soldiering.ru/avia/file/sausage/dirigible.php>)
4. М.Я. Арие. Дирижабли. Киев, Наукова думка, 1986
5. М. И. Будыко, К. Я. Кондратьев. Атмосфера. БСЭ. М., «Советская энциклопедия», 1969-1978
6. С.П. Хромов Струйное течение. БСЭ. М., «Советская энциклопедия», 1969-1978
7. California Regional Weather Server (см. <http://squall.sfsu.edu/crws/jetstream.html>)
8. Энциклопедический словарь Брокгауза Ф.А. и Ефрона И.А., С-Пб, 1890 – 1916 (см. <http://www.brocgaus.ru/text/078/648.htm>).
9. Щербаков Ю.В. Аэродинамика корпусов дирижаблей. М. Русское воздухоплавательное общество, 1999
10. Обуздать водород. «Черноголовская газета» № 41 (13.10.2005) (см. <http://www.chgazeta.ru/number/741/9.shtml>)
11. Топливные элементы. Энциклопедия Кругосвет (см. <http://www.krugosvet.ru/articles/12/1001223/print.htm>)
12. Синтезируй это. «Итоги» №37 / 639 (08.09.08)
13. Авгурь – аэростатные системы. Пресс-релизы (см. http://aas.augurballoons.ru/?id_menu=2&id_menu_item=5&id_object=1&id_item=82)
14. В. Беляков-Бодин, Е. Максимов. Оболочка теплового аэростатического летательного аппарата. Патент RU 64592 U1
15. Aviation Formulary V1.44 (см. <http://williams.best.vwh.net/avform.html#Dist>)
16. Бойко В.С. «Воздухоплавание: Привязное. Свободное. Управляемое» - М., изд. МГУП, 2001

Приложение 1

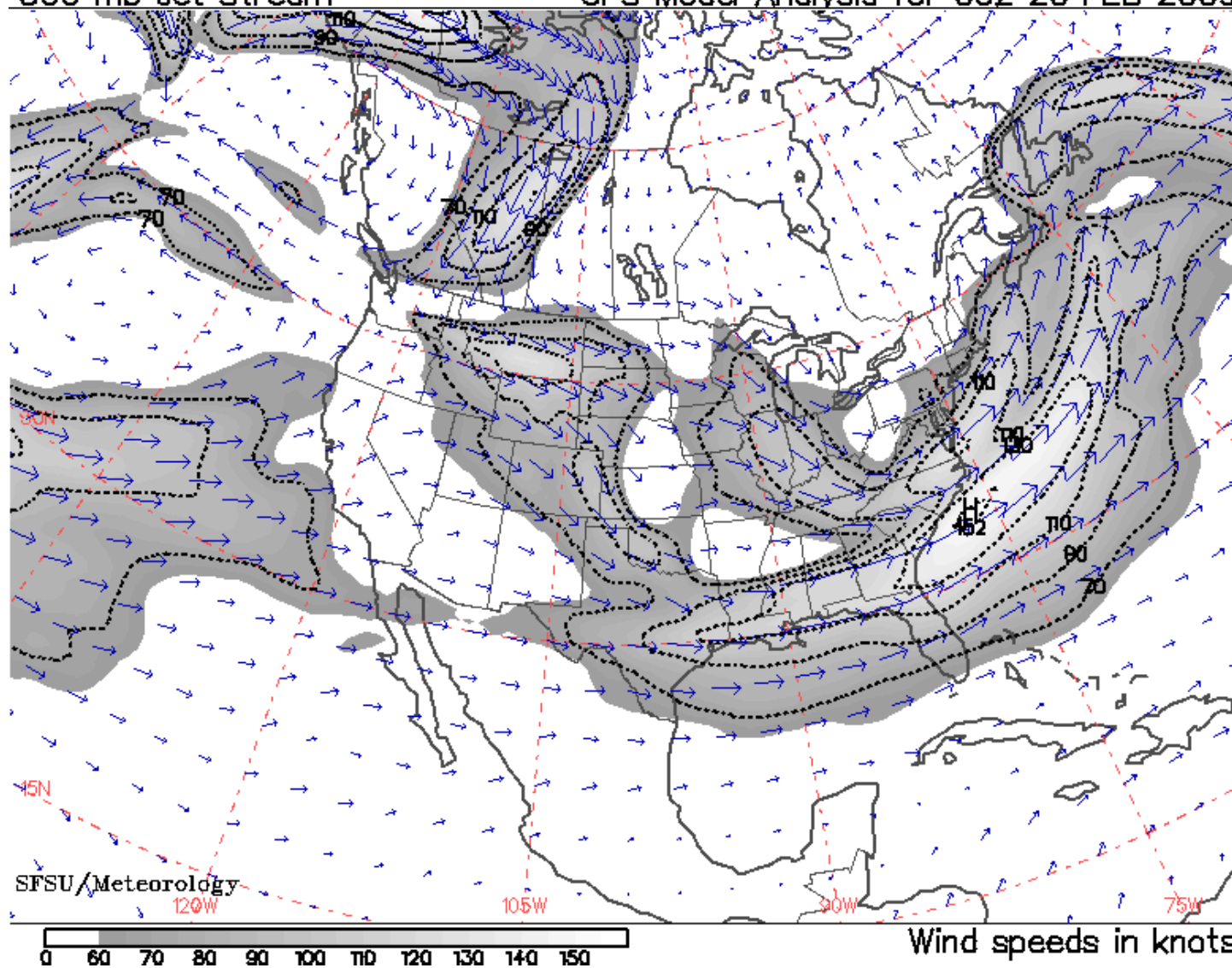
Карта 2. Тихий океан и Северо-западное побережье США



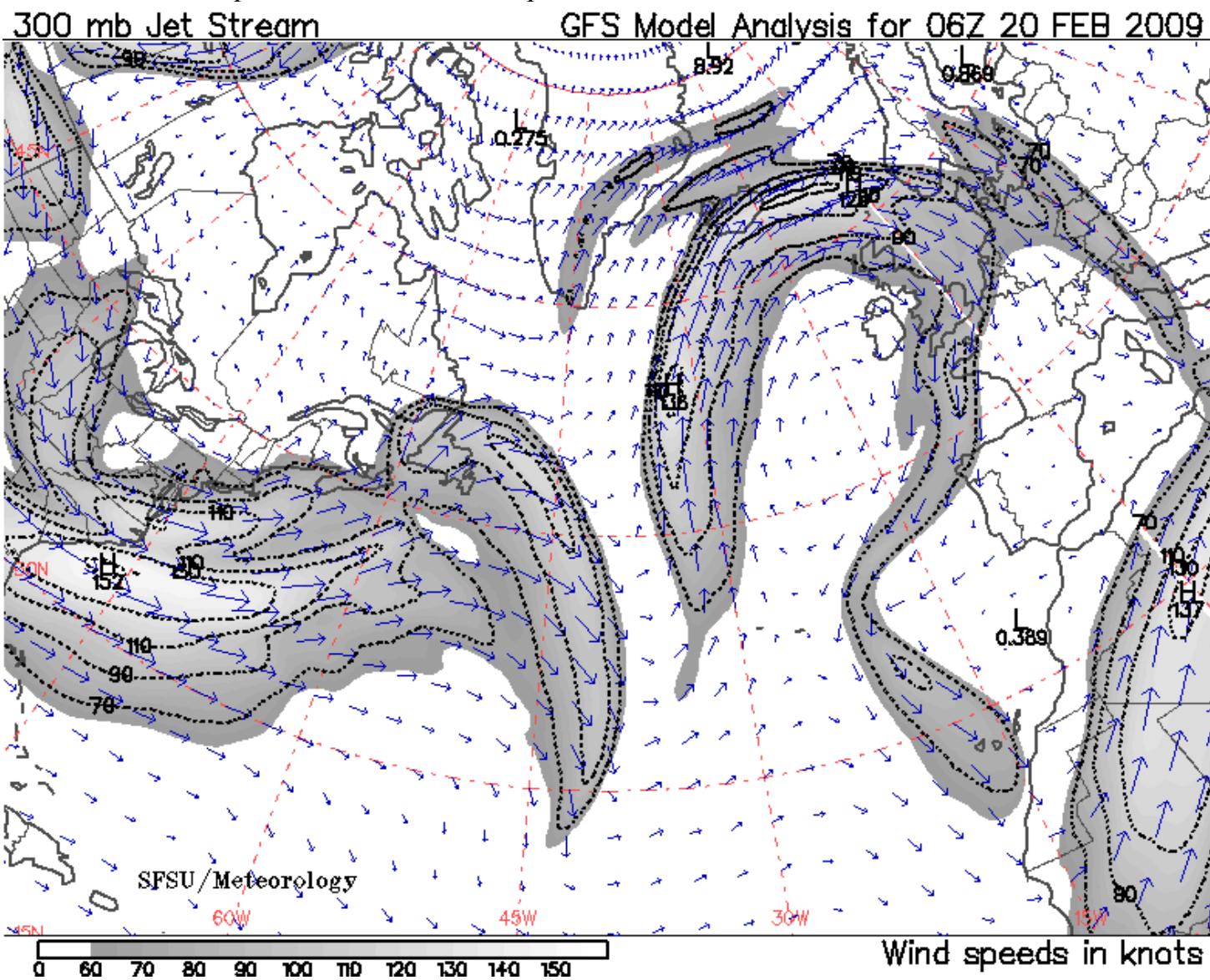
Карта 3. Центральные районы США

300 mb Jet Stream

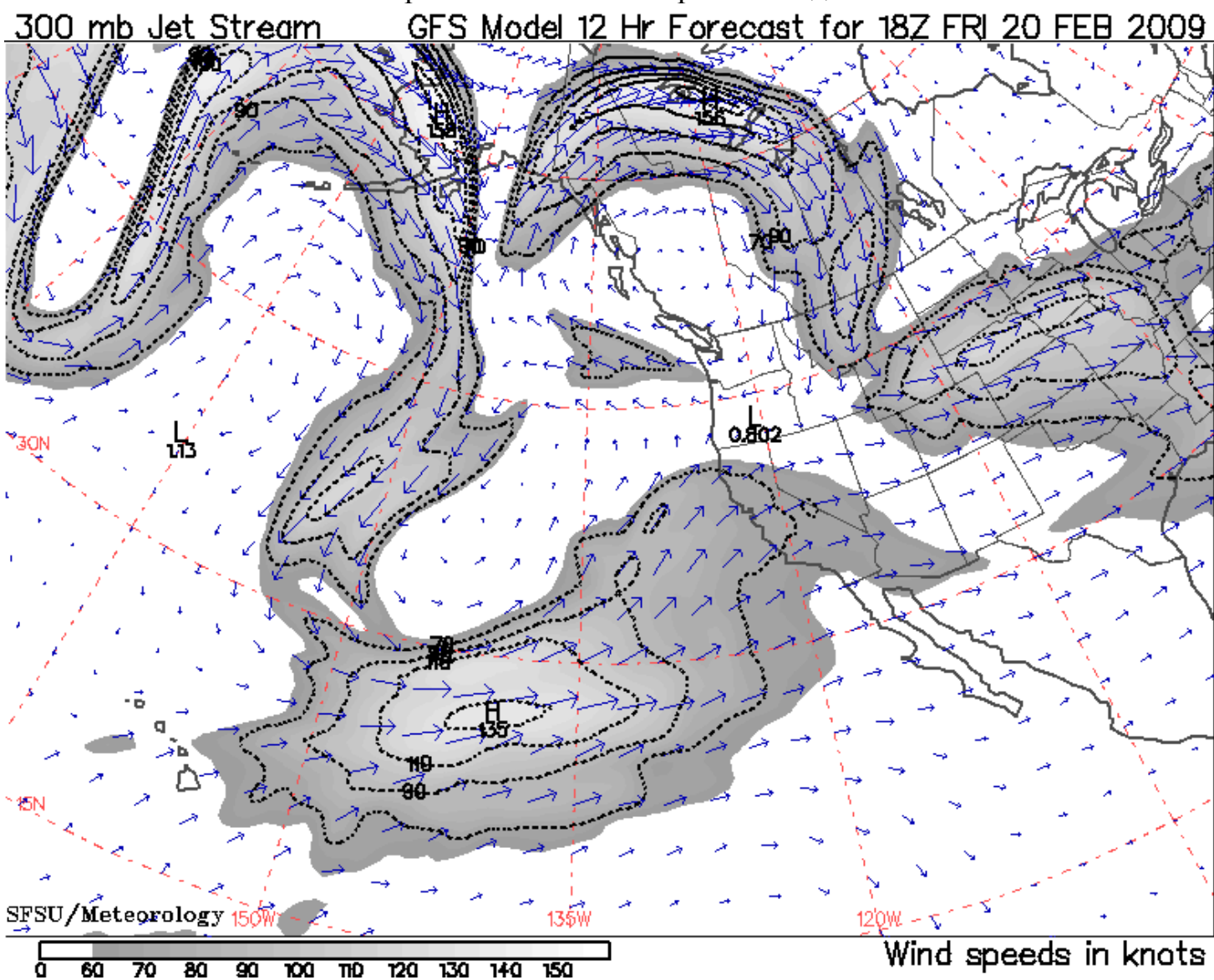
GFS Model Analysis for 06Z 20 FEB 2009



Карта 4. Восточное побережье США и Атлантический океан



Карта 5. Аляска и Северная Канада



Карта 6. Через Канаду в США

300 mb Jet Stream GFS Model 24 Hr Forecast for 06Z SAT 21 FEB 2009

