

# Создание высокопрочных снежных аэродромов в Арктике и Антарктике

Геннадий КЛЮЧНИКОВ,

декан факультета авиационных перевозок и аэропортов Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации, действительный член Российской академии транспорта



**Наша огромная страна покрыта снегом на 60–70% своей территории (Арктика, весь Крайний Север, Сибирь, Дальний Восток) как минимум в течение полугода. Это создает большие транспортные проблемы, особенно в регионах с крайне слабо развитой транспортной сетью, отсутствием железных дорог. Но экономическая стратегия Российской Федерации диктует насущную необходимость обживать и осваивать именно эти регионы как основную перспективную базу органического и минерального сырья, крупнейшую кладовую природных ресурсов. Транспортное, в том числе авиационное, обеспечение районов Крайнего Севера, значительной части российской Арктики выдвигается в число важнейших, приоритетных вопросов государственного значения.**

Чтобы обеспечить наше Заполярье и приравненные к нему районы воздушным транспортом, подготавливаются снежные и ледовые аэродромы (как правило — для легких и средних типов самолетов). При этом на снежных аэродромах существует нормативное ограничение толщины снега — только 10 см, несмотря на то, что несущая способность таких аэродромов обеспечивается нижележащим мерзлым грунтом. Поэтому представляется целесообразным использовать для нашего Севера богатый опыт создания высокопрочных снежных аэродромов в Антарктиде.

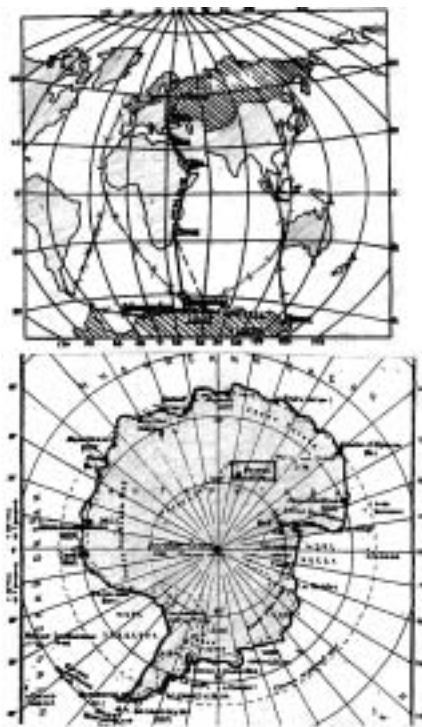
Научные исследования России в Антарктиде проводятся различными ведомствами под общим руководством НИИ Арктики и Антарктики, оперативная работа — Российской антарктической экспедицией (РАЭ). Автор данной статьи был участником четырех таких экспедиций и проводил исследования на станциях Молодежная, Новолазаревская, Мирный, Восток, Прогресс, Комсомольская в качестве научного руководителя создания аэродромов.

Транспортная логистика работы РАЭ весьма проблематична по многим причинам, главные из которых — предельная удаленность континента, крайне суровые условия, отсутствие специальных видов транспорта (например, дирижаблей). Основное транспортное сообщение с Антарктидой осуществляется

морским транспортом, маршруты которого показаны на *рис. 1*. Недостатками этого вида транспорта являются медленная скорость и чрезвычайная трудоемкость преодоления ледового покрова моря вокруг Антарктиды. В результате этого путь из России в Антарктиду занимает 40–60 дней. Суда часто оказываются в ледовом плену, и последние 50–200 км приходится преодолевать на вертолетах. К берегам Антарктиды суда могут приблизиться только в конце так называемого «летнего» сезона (декабрь–январь), когда приемлемые условия для натуральных исследований заканчиваются и наступает пора зимовки с сочетанием холода и сильных ветров.

Поэтому оптимальным транспортом для связей с Антарктидой является воздушный. Но для посадки и взлета в здешних условиях не было прочных аэродромов на снежно-фирновом покрове глубиной в сотни метров. Отсутствуют и специальные самолеты дальней авиации на лыжном шасси. Поэтому была поставлена задача — создать в Антарктиде такие снежные аэродромы, которые могли бы безопасно принимать серийные самолеты дальней авиации (сначала типа ИЛ-18, затем ИЛ-76ТД) с колесным шасси. Эта задача была поручена Государственному проектно-изыскательскому научно-исследовательскому институту гражданской авиации (ГПИиНИИ ВТ) «Лен-аэропроект», в котором автор данной

статьи был начальником научной лаборатории Арктики и Антарктики и участником проектирования, строительства и эксплуатации аэродромов. Эта работа проводилась совместно с Институтом Арктики и Антарктики, САЭ, РАЭ (кандидаты географических наук В.Г.Аверьянов, В.Д.Клоков, В.Н.Петров) под научным руководством доктора географических наук Е.С.Короткевича. Эти ученые создавали гляциологические предпосылки и опытные участки аэродромов.



**Рис. 1. Карта мира с транспортными путями в Антарктиду и карта Антарктиды с расположением различных станций. Маршруты морского и воздушного транспорта**

Проблема создания аэродромов в Антарктиде для дальней авиации является глобальной, состоящей из многочисленных специфических задач [1]. В данной статье изложены результаты наиболее важных натурных исследований — напряженного состояния снежно-фир-

нового покрова, распределения сжимающих напряжений по его глубине от воздействия на поверхность вертикальной нагрузки. Это необходимо для решения следующих конкретных задач: определения глубины и величины воздействия нагрузки от колесных шасси самолетов, расчета необходимой толщины и прочности снежно-фирнового покрова по глубине. Такие предельно сложные и трудоемкие исследования проводились в Антарктиде впервые.

Характеристика снежно-фирнового покрова Антарктиды своеобразна, что определяет проблематичность создания снежных аэродромов. В прибрежных районах Антарктиды на участках, приемлемых по рельефу для создания аэродромов, снежно-фирновый покров имеет толщину в несколько десятков и сотен метров, и только ниже находится мощный ледовый покров материка, который не влияет на несущую способность покрова. Именно подобный снежно-фирновый покров является основанием и единственным строительным материалом для создания высокопрочных аэродромов.

Применительно к созданию аэродромов, расчету и конструированию покрытий такой снежно-фирновый покров можно обозначить как «неупругое зернистое слабосвязное полупространство». Для такой модели отсутствуют методы расчета, поэтому прежде всего необходимо знание закономерности распределения сжимающих напряжений, возникающих от воздействия вертикальной нагрузки. Такова была одна из главных задач проведения исследований в Антарктиде.

Натурные исследования проводились в районе станции Молодежная на участке снежно-фирнового покрова, выбранного нами для создания классифицированного аэродрома, предварительно уплотненного пневмокатками.

Экспериментальная база САЭ для натурных исследований включала:

- аэродромный тягач БАТ весом до 18 тонн на гусеничном ходу для создания нагрузки на покров через штамп;
- гидравлический переносной пресс для передачи нагрузки от тягача БАТ к штампу;
- штампы круглой и эллиптической формы для нагружения поверхности покрова (соответствующие размеру отпечатков колес самолета или пневмокатка);
- передвижную установку весом до 65 тонн, с 4-колесным шасси самолета (макет-шасси ИЛ-18);
- вездеход-лабораторию на гусеничном ходу.

Дополнительно к этому оборудованию автором были подготовлены и привезены в Антарктиду комплект аппаратуры для измерения напряженного состояния покрова и покрытия аэродрома, а также устройство для измерения деформаций покрытия аэродрома (прогибомер).

Передвижная установка с реальным 4-колесным шасси самолета ИЛ-18Д перемещалась на участке испытания на прицепе к трактору. Применялись 2 варианта установки, позволяющие изменять ее вес от 40 до 65 тонн: с цистерной, заливаемой дизельным топливом, и с железобетонными панелями. Давление в пневматиках колес также могло изменяться от 6 до 9 атм.

В вездеходе-лаборатории имелось различное переносное оборудование

для полевых испытаний: гляциологический бур для высверливания из покрова кернов диаметром до 14 см, плотномер, переносные гидравлические прессы для испытания образцов снега, фирна и льда, а также для нагружения покрова через штамп; динамический зонд для испытания на сопротивление пенетрации на каждые 10 см глубины покрова.

Устройство для измерения деформаций поверхности снежно-фирнового покрова и покрытия аэродрома представляло собой Т-образную ферму с индикаторами часового типа ИЧ.

Комплект аппаратуры для измерения напряженного состояния снежно-фирнового покрова и покрытия аэродрома по глубине состоял из месдоз (датчиков давления) различных



**Рис. 2. Натурные испытания распределения напряжений в снежнофирновом покрове Антарктиды под воздействием колесного шасси самолета:**  
**а) при расположении шасси над заглубленными месдозами,**  
**б) остаточная деформация (колея) в снежном покрытии после съезда шасси с точки измерения напряжений**

конструкций, электрических приборов для усиления и фиксирования показаний месдоз и тарировочного устройства и динамометра для измерения величины нагрузки.

Месдозы — наиболее сложные датчики давления, которые должны не только измерять напряженное состояние покрова, но и не искажать его. Для этого были соблюдены специальные требования (отношения диаметра к толщине и др.). Поэтому были заказаны специальные месдозы индуктивного и тензометрического типов, созданные в Новочеркасском политехническом институте и в СоюздорНИИ.

Исследования проводились в течение нескольких лет в виде нескольких серий. В первой серии снежно-фирновый покров нагружался через круглый металлический штамп, на который нагрузка передавалась через гидравлический пресс от аэродромного тягача. Во второй серии покров нагружался установкой с шасси ИЛ-18. Процесс испытания, проводившегося автором данной статьи, показан на рис. 2.

Испытания проводились в конце «летнего сезона», при этом температура снежного покрова составляла всего  $-5-10$  °С. Месдозы закладывались на разной глубине в скважины, высверленные буром и засыпанные после установки месдоз снегом с уплотнением. Затем выдерживалось несколько часов, а иногда и суток, для смерзания снега в скважине с окружающим покровом.

Обобщенный результат установления закономерности распределения напряжений в снежно-фирновом покрове неограниченной глубины приведен на рис. 3.

### Результаты испытаний и выводы

1. Примененные в натурных испытаниях методы и аппаратура позволили получить удовлетворительные результаты даже в весьма специфических условиях Антарктиды. Поэтому такие ме-

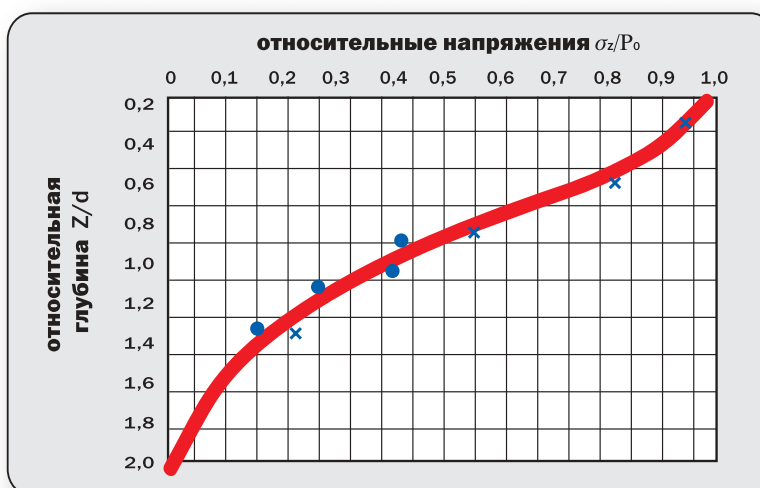


Рис. 3. Распределение напряжений ( $\sigma_z$ ) в снежнофирновом покрове Антарктиды под воздействием нагрузки на поверхности ( $P_0$ ) ( $Z$  — глубина покрова,  $d$  — диаметр действия нагрузки)

тоды и аппаратура могут применяться и в дальнейших исследованиях.

2. Обнаружены и подтверждены естественные свойства распределения напряжений сжатия по глубине покрова с тенденцией к логичному снижению вследствие увеличения с глубиной количества нагруженных контактов между зернами снега и фирна.

Следовательно, упрочнять естественный снежный покров при создании аэродромов достаточно на глубину активной зоны, равной двум-трем диаметрам отпечатка колеса шасси самолета. Это и является необходимой толщиной снежного покрытия.

Показано, что нет необходимости добиваться одинаковой высокой прочности по толщине покрытия. Можно допустить снижение прочности аналогично снижению напряжений, показанному на рис. 2.

Результаты данных исследований применены для разработки нормативных документов по аэродромам Антарктиды [2, 3] и для создания первого в мире классифицированного высокопрочного аэродрома на глубоком снежно-фирновом

покрове в районе станции Молодежная. На этом аэродроме осуществлялись посадки и взлеты самолетов ИЛ-18Д и ИЛ-76ТД при обеспечении авиационной связи с СССР и Россией (рис. 4). С 2001 г. эти полеты возобновлены со снежно-ледового аэродрома на станции Новолазаревская.

В 2003 году институтом «Ленаэропроект» подготовлен проект нового аэродрома на станции Прогресс (директор института А.Л. Подкин, главный инженер проекта — И.И. Кравчук). В настоящее время автор данной статьи разрабатывает «Руководство по созданию аэродрома на станции Восток» («полюс холода»).

Результаты данных исследований применимы также на снежных аэродромах в Арктике и Сибири, что позволит существенно улучшить транспортное обеспечение стратегической государственной задачи — освоения новых промышленно-сырьевых регионов Российской Федерации.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ключников Г.Я., Клоков В.Д., Кравчук И.И. Проблемы аэродромного обеспечения авиационной связи России с Антарктидой // Труды Международной академии транспорта. Проблемы транспорта. — №5. — СПб, 2001.
2. Инструкция по проектированию, строительству и оценке эксплуатационной пригодности снежных и снежно-ледовых аэродромов Антарктиды. ВСН 37-76/МГА. Ротапринт Арктического и Антарктического НИИ, 1976.
3. Руководство по аэродромному обеспечению полета самолета ИЛ-76ТД в Антарктиду. Арх. № 14280-А. Ленаэропроект, 1982.



Рис. 4. Самолеты ИЛ-76ТД и ИЛ-18Д на классифицированном высокопрочном снежном аэродроме в Антарктиде.