

6. Мельников Н.В., Марченко Л.Н. Энергия взрыва и конструкция заряда. – М.: Недра, 1964. – 132 с.
7. Петров Н.Г., Мальцев С.П. Исследования параметров буровзрывных работ на моделях из эквивалентных материалов для условий Читаурского месторождения марганца. В сб. Взрывное дело № 67/24. – М.: Недра, 1969. – С. 77-82.
8. Барон Л.И., Личели Г.П. Трещиноватость горных пород при взрывной отбойке. – М.: Недра, 1966.

УДК 629.124

ЛЕДОКОЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ

Себин А.С.

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Холодный суровый климат, обусловленный географическим положением Российской Федерации, определил бурное развитие ледокольной техники в нашей стране. Поиск разнообразных технических решений, которые позволили бы продлить навигацию в зимний период, плавать в северных морях, бороться с весенними заторами на реках насчитывает уже более 200 лет. Однако, опыт разрушения льда с помощью судов на воздушной подушке (СВП) достаточно небольшой.

Эффект разрушения льда от воздействия СВП был известен достаточно давно и наблюдался при испытаниях в зимний период. Например, известно разрушение сплошного льда при испытаниях в СССР СВП «Сормович» и «Радуга», однако в то время этому явлению не уделили должного внимания [1]. Первые целенаправленные опыты по разрушению сплошного льда СВП были проведены в Канаде в 1970-х годах: СВП «Н-119» ломало лёд толщиной до 23 см, а «Вояджер» (рисунок 1), двигаясь со скоростью 2,6 м/с, разрушал лёд толщиной до 26 см и частично очищал канал ото льда [3].

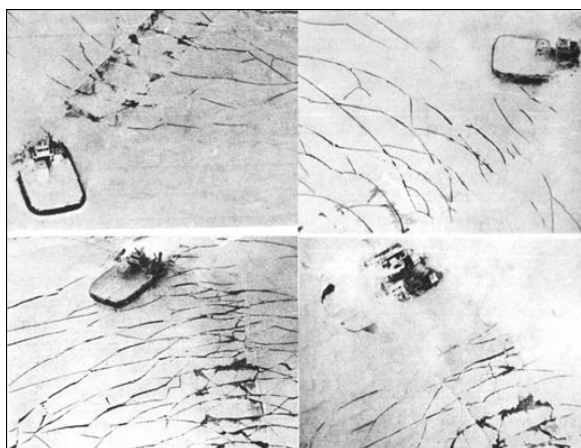


Рисунок 1 – Разрушение льда СВП «Вояджер»

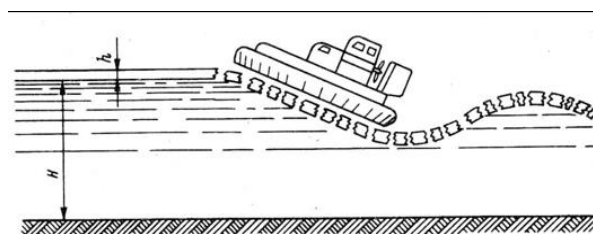


Рисунок 2 – Схема разрушения льда СВП резонансным способом [3]

Принципиально разрушение ледяного покрова СВП может происходить двумя различными способами: давлением («низкоскоростной способ») и при помощи резонанса («высокоскоростной способ»).

Разрушение ледяного покрова резонансным способом может производиться любым транспортным средством, приспособленным для передвижения по льду, но больше всего для этих целей подходят амфибийные СВП. В этом случае при движении по льду нагрузки развивается система изгибно-гравитационных волн. Впервые это явление было замечено при эксплуатации «дороги жизни» в годы ВОВ: грузовики при движении с определённой скоростью начинали проваливаться под лёд. Связано это с тем, что при приближении скорости движущейся нагрузки (приложенной к ледяному покрову) к минимальной фазовой скорости изгибных колебаний флотирующей ледяной пластины возникает изгибно-гравитационный резонанс [3], амплитуды колебаний ледяного покрова возрастают, и лёд начинает разрушаться (рисунок 2).

Разрушение льда при взаимодействии с воздушной подушкой (ВП) на низких скоростях может протекать по двум различным сценариям. Если напор воздуха в ВП превышает толщину льда, разрушение ледяного покрова будет протекать по первому сценарию (рисунок 3). В этом случае воздух вытесняет воду из-под кромки ледяного покрова, при этом образуется воздушная полость, давление в которой равно давлению в воздушной подушке. Эта полость устраняет силы поддержания, действующие со стороны жидкости, в результате чего ледяной покров консольно зависает, находясь в равновесии только за счёт внутренних сил упругости. Когда воздушная полость подо льдом достигает определённых размеров, ледяной покров начинает самопроизвольно разрушаться под действием собственной силы тяжести [2] либо от действия ледокола, толкающего перед собой ледокольную платформу на воздушной подушке (ЛПВП).

Второй сценарий разрушения льда связан со случаем, когда давления в ВП недостаточно для образования полости подо льдом. В этом случае ледяной покров разрушается от изгиба под действием давления в ВП или от суммарного воздействия ЛПВП и ледокола, толкающего перед собой платформу.

В 80-х годах XX в. началось исследование и проектирование ЛПВП в НГТУ. Первым реальным опытом проектирования и эксплуатации ЛПВП стало создание полноразмерного макета для оценки его ледокольных качеств и проверки теории (рисунок 4). Он носил шифр 102П и был спроектирован в ЦКБ «Вымпел» совместно с НГТУ.

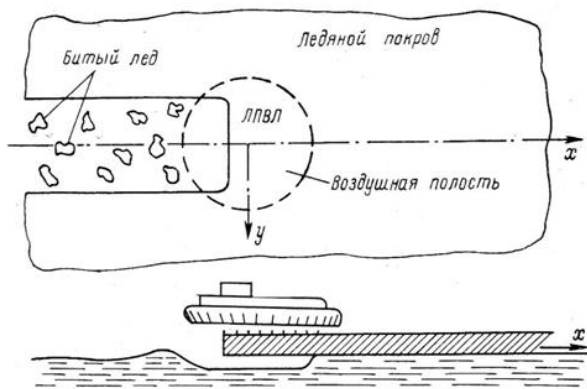


Рисунок 3 – Схема разрушения льда при образовании воздушной полости [3]



Рисунок 4 – Проект 102П

Следующим этапом было создание первой опытной ЛПВП – 107П «Торос» (рисунок 5). Судно спроектировано ЦКБ «Вымпел» совместно с НГТУ и построено на Октябрьском судостроительно-судоремонтном заводе. На ней было отработано большинство технических решений, являющихся особенностями проектирования и эксплуатации ЛПВП.



Рисунок 5 – Проект 107П «Торос»

Ледовые испытания платформы «Торос» производились с речным ледоколом «Ока» (проект 16) мощностью 1060 кВт. Толщина льда в районе испытаний составляла 40...70 см. Один ледокол в сплошных льдах толщиной 40 см двигался со скоростью 1...2 км/ч, создавая канал битого льда шириной ~12,5 м сплочённостью 9...10 баллов. С платформой в этом же льду состав двигался со средней скоростью 7 км/ч, создавая канал ~21 м. Также проводились испытания ЛПВП вместе с буксиром «МБ». Сплошной лёд толщиной 40...60 см состав разрушал со скоростью 5...8 км/ч.

Испытания показали, что присоединение к ледоколу или буксиру ЛПВП позволяет резко повысить эффективность разрушения льда. Так, во льду толщиной 40 см скорость небольшого ледокола «Ока» с платформой в 2 раза больше, чем у тяжёлого ледокола типа «Капитан Чечкин», мощность которого почти в 2,5 раза превышает суммарную мощность «Оки» и платформы. Более, чем в 4 раза снижается стоимость работы состава с платформой и почти в 3 раза уменьшаются затраты мощности на разрушения 1 м³ льда, при этом стоимость ЛПВП в 20-30 ниже стоимости речного ледокола, позволяющего достичь аналогичную ледопроездимость.

В 2014 году в КБ «Вымпел» совместно с НГТУ при участии Крыловского государственного научного центра была спроектирована и построена полунатурная модель ЛПВП – проект 00702 (рисунок 6). Испытания проводились с помощью ледокольного буксира «Калашников» (проект 10) мощностью 600 кВт. Состав преодолевал поле сплошного льда толщиной 0,35-0,45 м и оставлял за собой канал битого льда сплочённостью ~7 баллов. Один буксир преодолевать ледовые поля указанной толщины не мог. При испытаниях отмечалось значительное уменьшение попадания битого льда в гребные винты и улучшение их работы, скорость при движении состава составляла ~7 км/ч. Отличительной особенностью этой платформы был корпус, выполненный из сплава АМг. Также при создании к проекту были применены элементы оптимизационного проектирования. Если ледопроездимость пр. 107П закладывалась с запасом: сплошной лёд толщиной до 1 м и торосы глубиной до 70 см, то пр. 00702 испытывался в предельных толщинах.

Создание ЛПВП потребовало от конструкторов НГТУ решения ряда нетривиальных вопросов. Классические скоростные СВП имеют ресиверную аэродинамическую схему (АДС) и соответствующее ей двухъярусное гибкое ограждение (ГО), состоящее из монолита (гибкий ресивер) и навесных элементов. Остойчивость таких СВП обеспечивается секционированием ВП путём применения продольных и поперечных килей, выполненных также двухъярусными и включающими монолит. Неудовлетворительная живучесть и ремонтпригодность монолита при ледовых операциях, а также необходимость создания в ресивере давления большего, чем и без того высокое давление в ВП, что вызывает трудности в выборе нагнетателя, делают нецелесообразным применение ресиверной схемы для ЛПВП.

Сотрудниками НГТУ была разработана оригинальная безресиверная камерная АДС с однопоярусным ГО. Для повышения ремонтпригодности и живучести ГО было выполнено расчленённым по периметру на отдельные элементы. От секционирования ВП по описанным выше причинам также пришлось отказаться, т.к. кили работают также как монолит. Проведённые теоретические и экспериментальные исследования показали, что остойчивость бескилевых СВП в режиме парения обеспечивается за счёт формы ГО.

ГО ЛПВП выполняется из отдельных съёмных поперечно-расчленённых элементов (рисунок 7), позволяющих проводить их оперативную замену в полевых условиях при возможных повреждениях. Опыты показали, что даже при повреждении одного из элементов ГО под действием большого избыточного давления в ВП происходит смыкание смежных элементов и работоспособность всей системы не нарушается.

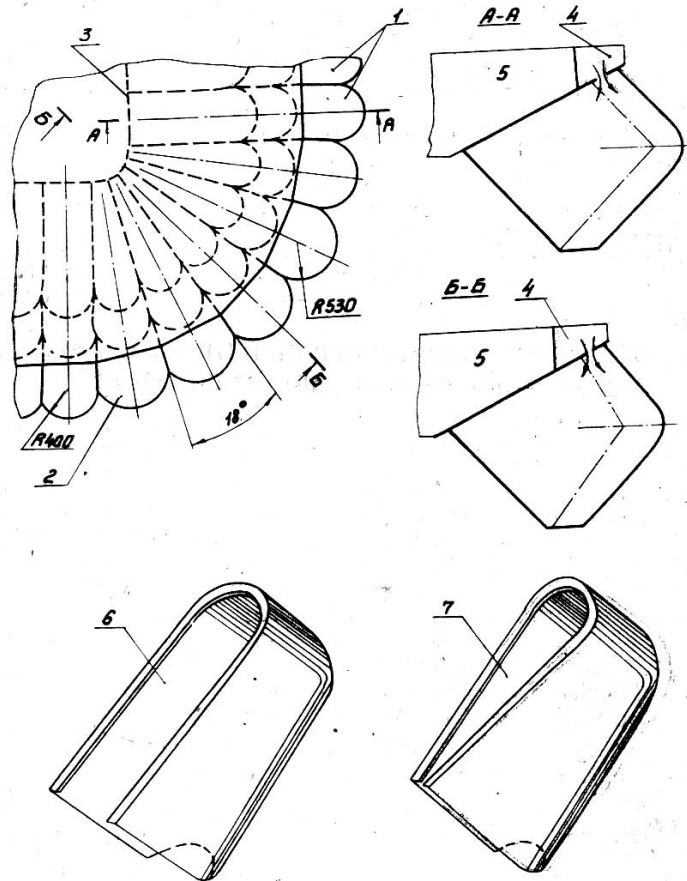


Рисунок 6 – Испытания ЛПВП пр. 00702 с буксиром «Калашников»

Рисунок 7 – общий вид и расположение элементов ГО: 1 – цилиндрический элемент, 2 – конический угловой элемент, 3 – линия слома днища корпуса, 4 – жёсткий ресивер, 5 – корпус, 6 – цилиндрический элемент, 7 – конический угловой элемент

Остойчивость ЛПВП обеспечивается развалом ГО, когда при наклонениях в воду входят дополнительные объёмы от ГО, обратный завал выполняется при уменьшении габаритов ГО и корпуса ЛПВП. В расчётах устойчивости необходимо стремиться, чтобы нисходящая ветвь диаграммы статической устойчивости была не менее допустимых углов крена.

Источником воздуха повышенного давления в подкупольном пространстве ЛПВП являются один или несколько воздухонагнетателей, работающих на одну воздуховодную сеть. Учитывая необходимость получения достаточно высоких величин давления в ВП при умеренных расходах воздуха, целесообразно использовать центробежные вентиляторы.

Первая ЛПВП 102П была оборудована реактивным двигателем РД-9Б, в качестве нагнетателя, списанным из авиации и оборудованным кольцевой насадкой. Вырабатываемая газо-воздушная смесь подавалась в подкупольное пространство, обеспечивая необходимое давление и расход воздуха. Преимущество такого нагнетателя – простота в обслуживании, особенно при отрицательных температурах воздуха, быстрый запуск на морозе, предотвращение обмерзания ГО. Недостаток – большой расход топлива.

Вторая и третья ЛПВП – 107П и 00702 каждая были оборудованы двумя центробежными вентиляторами и двумя дизельными двигателями. Их опытная эксплуатация не выявила серьёзных недостатков в работе.

На сегодняшний день можно с уверенностью сказать, что метод ломки льда с помощью ВП прошёл путь от экспериментальных исследований до практического применения. Многочисленные проведённые модельные и натурные испытания доказали эффективность ЛПВП и «низкоскоростного» метода разрушения ледяного покрова, во всяком случае, однолетнего пресного льда и

торосов на внутренних водоёмах. Морские суда снабжения можно оборудовать ЛПВП для обслуживания арктических буровых платформ. В этом случае шельфовое сооружение не будет испытывать критических нагрузок при подходе судна, т.к. ломка льда с помощью ЛПВП не приводит к образованию существенных горизонтальных составляющих нагрузок, как у обычного ледокола.

Список использованных источников

1. Зуев В.А. Малахов П.А. Рябинкин А.Б., Козин В.М. Экспериментальные исследования взаимодействия СВП с ледяным покровом при резонансном способе / Вопросы теории прочности и проектирования судов, плавающих во льдах. Горький: Изд-во ГПИ, 1984.
2. Зуев В.А. Средства продления навигации на внутренних водных путях // Л.: Судостроение. – 1986. – с. 207.
3. Козин В. М. Резонансный метод разрушения ледяного покрова. Изобретения и эксперименты. – 2007.

УДК 622.831.332

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСОВ СОЛИ И ГАЗА ИЗ ПОРОД ПОЧВЫ КАЛИЙНЫХ ПЛАСТОВ

*Сиренко Ю.Г., к.т.н., доцент
Санкт-Петербургский горный университет*

За последние два десятилетия учеными внесен существенный вклад в исследование природы возникновения и протекания различных газодинамических явлений (ГДЯ), созданы методы прогнозирования и предотвращения их известных видов. Однако практика ведения горных работ на Третьем калийном пласте в условиях рудников ОАО «Беларуськалий» в последние годы показала, что не все ГДЯ достаточно изучены.

К числу практически мало исследованных газодинамических явлений относятся внезапные выбросы соли и газа из пород почвы Третьего калийного пласта в выработанном пространстве лав. Впервые внезапный выброс такого типа был зарегистрирован в 1996 году на Первом рудоуправлении ОАО «Беларуськалий» при отработке Третьего калийного горизонта. На сегодняшний день зарегистрировано одиннадцать подобных газодинамических явлений.

Такие выбросы представляют серьезную угрозу жизни и здоровью шахтеров за счет разлета кусков породы с высокой скоростью и интенсивного выделения горючих газов, характеризуются большой мощностью и внезапностью, вместе с тем их предупредительные признаки и предвестники на данный момент не изучены. Сочетание этих факторов объясняет необходимость исследовать механизм возникновения подобных ГДЯ и разработать эффективные способы их профилактики и предотвращения.

Исследования, излагаемые в данной работе, выполнялись по следующим направлениям:

– оценивались результаты предыдущих исследований (по литературным источникам, а также с использованием архивных материалов по интересующей тематике, в том числе инструментальных исследований непосредственно в шахтных условиях) [2];

– проводились аналитические исследования.

В настоящее время представляется возможным объяснить происхождение выбросов из пород почвы проявлением горного давления с одной стороны, и геологическим строением подстилающих пород с другой. Впервые на месторождении характер восстановления нагрузки на почву лавы позади отработанного пространства после выемки верхнего слоя изучался при внедрении комбинированной системы отработки Третьего калийного пласта [1]. В этом варианте верхний сильвинитовый слой вначале отрабатывался лавой, а затем с некоторым отставанием нижние слои камерной системой. Результатами измерений напряжений в междуходовых целиках при выемке нижнего слоя, а также измерения деформаций этих целиков в процессе очистной выемки было установлено наличие зон пониженных нагрузок в районе бортовых штреков верхней лавы.

Наличие аналогичных зон под отработанным пространством верхней лавы было обнаружено и на других участках шахтного поля при изучении параметров опорного давления по контуру выемочного столба [2].