

УДК 622.4:522.817

**Е.К. Романова, Ю.А. Хохолов, А.С. Курилко,
А.Е. Местников**

**ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ КАК СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ
ДЕСТРУКЦИЕЙ ГОРНЫХ ПОРОД В УСТЬЕВЫХ
ЧАСТЯХ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
КРИОЛИТОЗОНЫ, ВЫЗВАННОЙ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫМ
ТЕМПЕРАТУРНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ**

Приведены результаты исследования влияния наружной и внутренней теплоизоляции устьевых частей подземных сооружений криолитозоны на их тепловую устойчивость. Проведен сравнительный анализ наружной и внутренней теплоизоляции по повышению теплоустойчивости вскрывающей выработки.

Ключевые слова: теплоизоляция, подземные сооружения, криолитозона, теплоустойчивость устьевой части вскрывающей выработки.

В условиях Севера наиболее подверженными к потере устойчивости являются устьевые части всех вскрывающих выработок, поскольку вмещающие горные породы постоянно испытывают значительные циклические знакопеременные температурные воздействия наружного воздуха. Как известно, при оттаивании горных пород их прочность резко снижается, значительно увеличивая нагрузки на крепь. Когда нагрузки на крепь, превышают допустимые, происходят необратимые деформации кровли, а иногда ее обрушение.

Одним из эффективных способов обеспечения устойчивости выработок является их теплоизоляция, которая позволяет исключить или значительно уменьшить термоциклическое воздействие на горные породы. Применение теплоизоляции позволяет регулировать температурное поле массива горных пород вокруг выработок. Управляя термическим сопротивлением теплоизоляции можно сохранить породы в мерзлом состоянии или уменьшить глубину оттаивания до значений, при

которых нагрузки на крепь не превысят ее несущую способность.

Для прогноза температурного режима штольни и вмещающих пород построена трехмерная математическая модель теплообмена в штольне подземного сооружения, пройденной со склона в толщу многолетнемерзлых

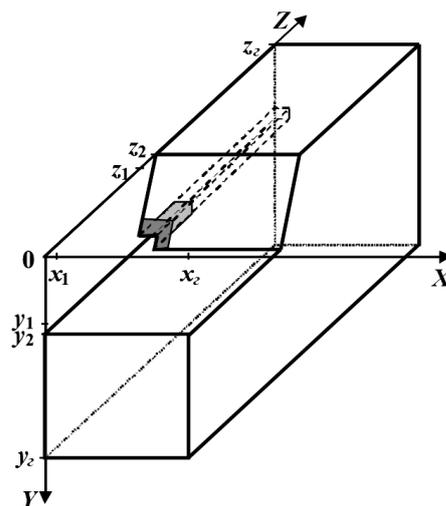


Рис. 1. Расчетная область Ω : $x_1, x_2, y_1, y_2, y_3, z_1, z_2, z_3$ — координаты ее границ

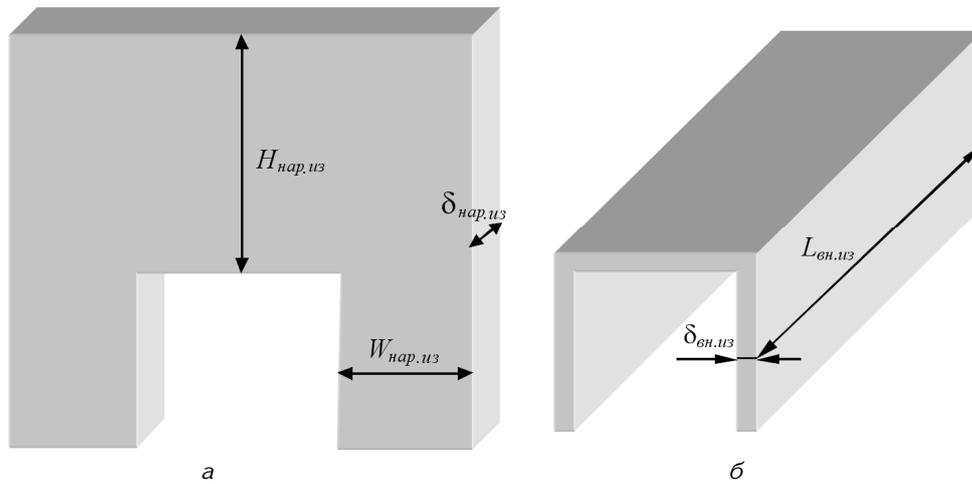


Рис. 2. Геометрические параметры теплоизоляции: а — наружной теплоизоляции, где $W_{нар.из}$ — ширина, м; $H_{нар.из}$ — высота, м; $\delta_{нар.из}$ — толщина, м; б — внутренней теплоизоляции, где $\delta_{вн.из}$ — толщина, м, $L_{вн.из}$ — длина, м

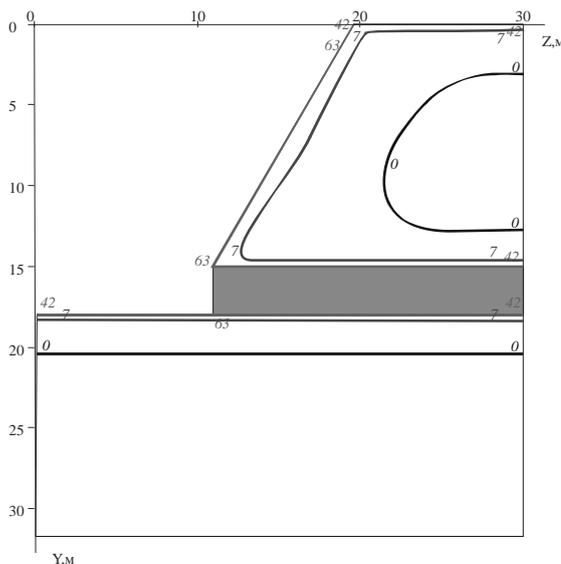


Рис. 3. Распределение количества циклов замораживания-оттаивания в породах, вмещающих устьевую часть штольни, при отсутствии теплоизоляции (конец седьмого года эксплуатации)

пород [1]. Штольня расположена на заданной глубине от поверхности земли $D_{ш}$, имеет прямоугольное поперечное сечение и задается следующими

геометрическими параметрами: шириной $W_{ш}$, высотой $H_{ш}$ и длиной $L_{ш}$. Вход в выработку располагается на склоне с углом откоса α .

Для повышения устойчивости устьевой части штольни предлагается применить наружную теплоизоляцию склона вокруг входа в штольню и внутреннюю теплоизоляцию кровли и боковых стен. Наружная теплоизоляция с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{нар.из}$ имеет толщину $\delta_{нар.из}$, ширину $W_{нар.из}$, высоту $H_{нар.из}$, внутренняя теплоизоляция с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{вн.из}$ имеет толщину $\delta_{вн.из}$, длину $L_{вн.из}$ (см. рис. 2).

Трехмерная математическая модель позволяет исследовать зону сезонного протаивания пород, вмещающих устьевую часть штольни в зависимости от таких параметров, как климатические условия, учитывающие суточные температурные колебания наружного воздуха, теплофизические свойства горных пород, уклон склона горы, глубина заложения и геометрические

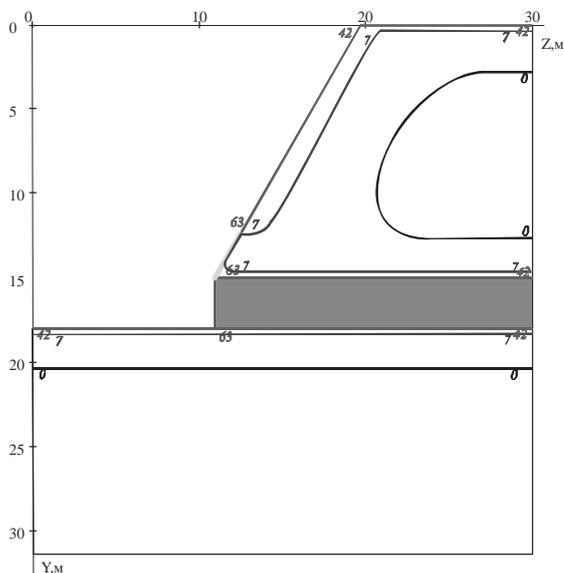


Рис. 4. Распределение количества циклов замораживания-оттаивания в породах, вмещающих устьевую часть штольни, при использовании наружной теплоизоляции: $W_{\text{нар.из}}=3$ м; $H_{\text{нар.из}}=3$ м; $\delta_{\text{нар.из}}=0,3$ м, $\lambda_{\text{нар.из}}=0,1$ Вт/(м·К) (конец седьмого года эксплуатации)

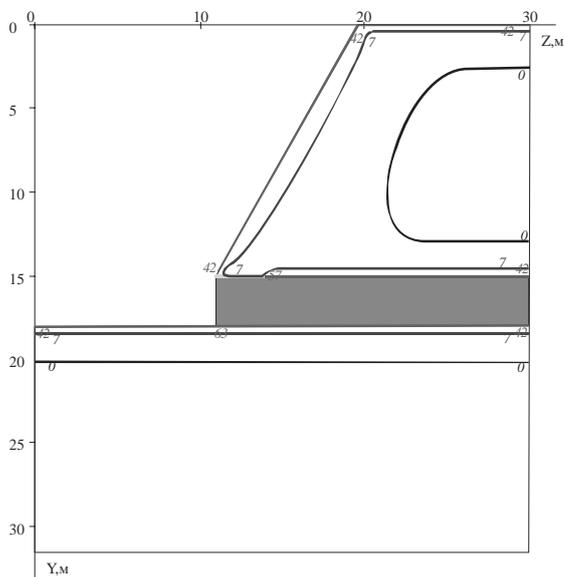


Рис. 5. Распределение количества циклов замораживания-оттаивания в породах, вмещающих устьевую часть штольни, при использовании внутренней теплоизоляции: $L_{\text{вн.из}}=5$ м; $\delta_{\text{вн.из}}=0,3$ м, $\lambda_{\text{вн.из}}=0,1$ Вт/(м·К) (конец седьмого года эксплуатации)

размеры штольни, режим зимней зарядки (начало, продолжительность, интенсивность), теплофизические свойства и геометрические размеры теплоизоляции.

Одним из параметров, характеризующих степень устойчивости штольни, является количество циклов замораживания-оттаивания, происходящих во вмещающих породах во время ее эксплуатации.

В качестве примера были проведены исследования влияния наружной и внутренней теплоизоляции на количество циклов замораживания-оттаивания вмещающих штольню горных пород. Штольня имеет ширину 4 м, высоту 3 м, длину 50 м, расположена на глубине 15 м. Расчеты были проведены для климатических условий п. Удачный.

На рис. 3 представлены результаты расчета количества циклов замораживания-оттаивания при отсутствии теплоизоляции. Полученные численные результаты показали, что горные породы над кровлей устьевой части штольни испытали к концу седьмого года эксплуатации от 42 до 63 циклов замораживания-оттаивания.

Расчеты показали, что наружная теплоизоляция существенным образом не повлияла на количество циклов замораживания-оттаивания. Горные породы над кровлей устьевой части штольни испытали к концу седьмого года эксплуатации также от 42 до 63 циклов замораживания-оттаивания (см. рис. 4).

Исследование эффективности применения внутренней теплоизоляции показало существенное сокращение количества циклов

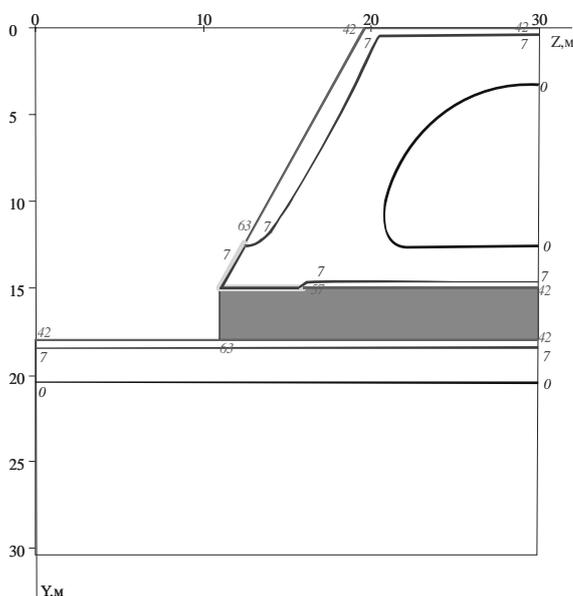


Рис. 6. Распределение количества циклов замораживания-оттаивания в породах, вмещающих устьевую часть штольни, при комбинированном использовании наружной и внутренней теплоизоляции: $W_{нар.из} = 3$ м, $H_{нар.из} = 3$ м, $\delta_{нар.из} = 0,3$ м, $\lambda_{нар.из} = 0,1$ Вт/(м·К), $L_{вн.из} = 5$ м, $\delta_{вн.из} = 0,3$ м, $\lambda_{вн.из} = 0,1$ Вт/(м·К) (конец седьмого года эксплуатации)

замораживания-оттаивания пород над теплоизолированным участком кровли: до 7 циклов (к концу седьмого года эксплуатации). Однако данный эффект не равномерен по длине данного участка. Из-за теплового влияния наружного воздуха через склон в самом начале устья сохраняется существенное количество циклов, а именно 42 цикла (см. рис. 5)

Наиболее высокий эффект дает сочетание наружной и внутренней теплоизоляции. К концу седьмого года эксплуатации количество циклов замораживания-оттаивания пород над теплоизолированным участком кровли может сократиться до 7 циклов (см. рис. 6)

Таким образом, сравнительный анализ наружной теплоизоляции склона вокруг входа в штольню и внутренней теплоизоляции стен и кровли по повышению теплоустойчивости вскрывающей выработки показал, что наиболее эффективным способом является их комбинированное использование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романова Е.К. Моделирование тепловых процессов в устьевой части выработок криолитозоны / Е.К. Романова, Ю.А. Хохолов // Горный информационно-аналитический бюллетень. Тематическое приложение «Физика горных пород». — 2006. — С. 165—174. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Романова Е.К. — кандидат технических наук, младший научный сотрудник,
 Хохолов Ю.А. — доктор технических наук, ведущий научный сотрудник,
 Курилко А.С. — доктор технических наук, зав. лаборатории горной теплофизики,
 Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН,
 Местников А.Е. — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой,
 Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова.

