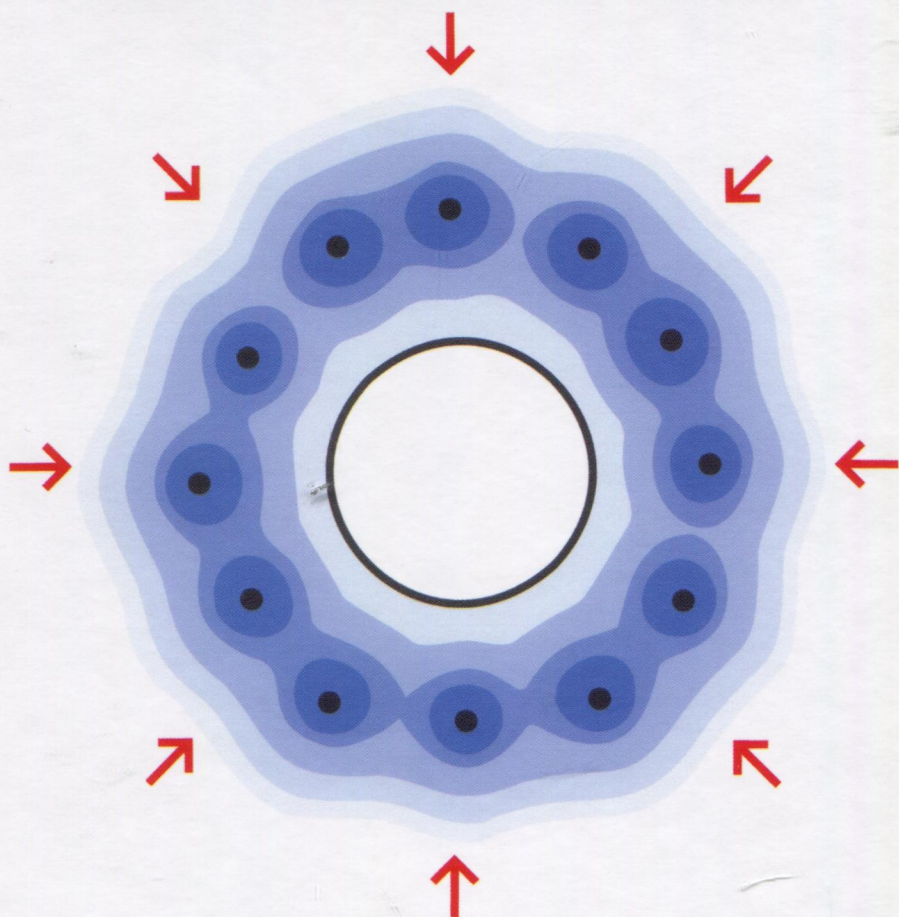


МЕТОДЫ РАСЧЕТА ИСКУССТВЕННОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПОРОД ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ



М.А. Семин, Л.Ю. Левин

Семина М.А., Левина Л.Ю.

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ИСКУССТВЕННОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПОРОД ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ

Москва
Научный мир
2021

УДК 622.253.3 + 539.42

ББК 33.15

С 30

Семин М.А., Левин Л.Ю.

Методы расчета искусственного замораживания пород при строительстве шахтных стволов. – М.: Научный мир, 2021. – 152 с.

ISBN 978-5-91522-521-2

Рассмотрена существующая методология расчета искусственного замораживания пород при строительстве шахтных стволов и других подземных сооружений. В результате анализа применяемых сегодня на практике упрощенных методов статического и теплотехнического расчетов ледопородного ограждения сделан вывод об их неточности и неоднозначности. Предложена общая методология теоретического анализа искусственного замораживания пород в рамках наиболее полной термогидромеханической модели, состоящей из нескольких субмоделей, связанных друг с другом. Проведен анализ различных физических механизмов взаимосвязи тепловых и механических полей в замораживаемом массиве горных пород.

Книга предназначена для специалистов в области искусственного замораживания пород, а также для студентов и аспирантов горных и технических вузов.

Рецензенты:

д-р техн. наук Плехов Олег Анатольевич, ПФИЦ УрО РАН,
д-р техн. наук Шалимов Андрей Владимирович, ПФИЦ УрО РАН.

При финансовой поддержке Правительства Пермского края в рамках проекта Международных исследовательских групп ученых № С-26/563.

ISBN 978-5-91522-521-2

© Семин М.А., Левин Л.Ю., 2021

© Научный мир, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Глава 1. Статический расчет	9
1.1. Внешняя нагрузка на ЛПО.....	10
1.2. Расчет на прочность.....	14
1.3. Расчет на ползучесть	21
1.4. Внутренняя граница ЛПО.....	23
1.5. ЛПО после возведения передовой бетонной крепи.....	25
Глава 2. Теплотехнический расчет	27
2.1. Расположение замораживающих скважин	29
2.2. Теплообмен в замораживающих колонках	33
2.3. Теплоперенос в массиве горных пород.....	40
2.4. Время замораживания пород	46
2.5. Холодопроизводительность замораживающей станции	51
2.6. Средняя температура ЛПО.....	53
2.7. Поддержание толщины ЛПО	55
Глава 3. Сопряженный термогидромеханический расчет	60
3.1. Термогидромеханическая модель искусственного замораживания пород	63
3.1.1. Используемые допущения	64
3.1.2. Математическая постановка задачи	66
3.2. Аэрологические процессы в строящемся стволе.....	72
3.3. Возможности упрощения полной термогидромеханической модели	74

3.3.1. Физические процессы	74
3.3.2. Геометрическая область	78
Глава 4. Исследование взаимосвязи тепловых и механических полей	80
4.1. Пучение и выпирание замороженных пород.....	81
4.1.1. Миграция поровых вод от фронта фазового перехода	82
4.1.2. Выпирание замороженных пород.....	82
4.2. Температурные зависимости прочностных свойств пород	88
4.2.1. Случай бесконечной высоты заходки	90
4.2.2. Случай конечной высоты заходки	99
4.3. Температурные зависимости реологических свойств пород	104
4.3.1. Модификация классической формулы Вялова.....	105
4.3.2. Учет вертикальной нагрузки на ЛПО	115
4.4. Рекомендации к проведению статического расчета ЛПО	121
Заключение.....	123
Приложения	125
П.1. Конечно-разностная схема для расчета нестационарного теплопереноса в горизонтальном слое пород	125
П.2. Конечно-разностная схема для расчета упруго-пластического деформирования ЛПО.....	132
Литература	139