

И. П. Кусакин

**Искусственное понижение
уровня грунтовых вод**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 631
ББК 4
И11

И11 **И. П. Кусакин**
Искусственное понижение уровня грунтовых вод / И. П. Кусакин – М.: Книга
по Требованию, 2016. – 252 с.

ISBN 978-5-458-61010-0

ISBN 978-5-458-61010-0

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2016

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2016

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

Безвременно погибшему сыну
моему Борису посвящаю.

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Грандиозное капитальное строительство в СССР в течение минувшей первой пятилетки выдвинуло на первый план наиболее совершенные способы работ с применением всех тех механизмов, которые выработала и вырабатывает передовая мировая техника. Во всех областях глубинного строительства (гидротехнического, горно-подземного, водопроводно-канализационного, оснований и фундаментов промышленных сооружений и зданий и т. п.) потребовались такие темпы и такая экономия рабочих рук, что старые методы работы в водоносных грунтах с применением открытого водоотлива неизбежно должны были заменяться более совершенным (в отношении скорости работ, экономии рабочей силы, возможности самого широкого применения строительных машин, лучшего качества и безопасности работ) методом искусственного понижения уровня грунтовых вод.

Уже в первой пятилетке способ искусственного понижения стал быстро завоевывать себе место в глубинном строительстве СССР, осваиваться строителями, организационно оформляться и укрепляться, стали создаваться материальная база и технические кадры.

Такие мощные строительные объединения, как Союзводстрой, Индустрой, быстро практически развили этот новый способ на строительстве крупнейших сооружений (Автозавод им. Молотова вблизи Горького, завод им. Дзержинского в г. Каменском, Магнитогорский завод и др.).

Вторая пятилетка с ее московским метрополитеном, каналом Волга — Москва, строительством гидростанций на Волге, Свири и других крупнейших реках, с разработкой новых месторождений каменного и бурого угля (Подмосковный бассейн) и целым рядом важнейших и крупнейших объектов глубинного строительства поставили задачу такого широкого и разнообразного применения способа понижения грунтовых вод, о котором в первой пятилетке не могло быть и речи.

Теперь уже можно сказать, что высокие требования в СССР к качеству строительных работ, к экономии рабочей силы и использованию механизмов не позволят никому на более или менее крупной постройке в водоносных грунтах обходиться старыми способами открытого водоотлива, если возможно и выгодно применить искусственное понижение уровня грунтовых вод.

Практические приемы искусственного понижения уровня грунтовых вод весьма разнообразны в связи с разнообразием гидрогеологических условий, размеров и характера сооружений, темпов строительства, наличия того или иного оборудования и целого ряда специфических местных особенностей. Рациональное применение того или иного приема, определение ко-

личества, размеров и типов предметов оборудования и их взаимного расположения могут быть достигнуты только при сочетании опыта строителя и инженерного расчета, как и во всякой иной области техники.

Предлагаемый труд имеет целью ознакомить советского строителя с применяемыми в настоящее время практическими приемами производства искусственного понижения уровня грунтовых вод, с теоретическими основами и приемами расчета установок понижения уровня грунтовых вод.

Первое литографированное издание настоящей книги 1930 г. уже давно разошлось. За истекшие 4 года практика и теория понижения сделали заметные шаги вперед, в соответствии с чем настоящее издание требовалось значительно расширить и переработать.

Появившийся в конце 1933 г. перевод книги Кирилейса «Искусственное понижение уровня грунтовых вод» в переработке Зихардта значительно облегчил эту задачу, так как дал возможность не касаться ряда весьма существенных вопросов, как например явления осадки грунта и почвы, примеры понижений с глубинными насосами и др., каковые интересующиеся найдут в книге Кирилейса-Зихардта.

К сожалению ряд весьма существенных вопросов отсутствует как в настоящей нашей книге, так в книге Кирилейса и в иностранной литературе. К числу таких вопросов относятся например сопротивление колодцев, приемы осушения мелкопористых глинистых и торфяных грунтов и др., что объясняется главным образом неразработанностью или неполной разработанностью этих вопросов. Наконец в предлагаемой книге, как и в книге Кирилейса, остались совершенно не развитыми теория и практика борьбы с напорными водами. Эти вопросы еще мало разработаны и вместе с тем настолько сложны, что должны составить предмет особого труда, появление которого давно ожидается практическими работниками по понижению и глубинному строительству вообще.

Автор считает особо необходимым подчеркнуть, что многие вопросы, затронутые в предлагаемой книге впервые, нуждаются в критическом к себе отношении.

Всякие критические замечания, возражения и советы автором будут встречены с полным удовлетворением как способствующие более быстрому освоению теории и практики понижения и успешному дальнейшему усовершенствованию этого способа.

И Кусякин

Москва
1934 г

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие к первому изданию	2
Предисловие ко второму изданию	3
Введение	7
Краткая история развития способа понижения	10
Краткий обзор литературы по теории и практике понижения грунтовых вод	13
Глава I. Основные черты современных установок понижения	17
§ 1. Колодцы	—
1. Установка колодцев	26
2. Установка колодцев без бурения	—
§ 2. Всасывающая труба	30
§ 3. Всасывающий трубопровод	32
§ 4. Насосы	35
§ 5. Напорный трубопровод	37
§ 6. Двигатели	—
§ 7. Расположение установок понижения	39
§ 8. Ступенчатые или ярусные установки	40
§ 9. Удаление воздуха	45
§ 10. Глубинные насосы	47
1. Эрифты	48
2. Водоструйные водоподъемники (эжекторы)	51
3. Штанговые поршневые насосы	52
4. Глубинные центробежные насосы с двигателем над устьем колодца	60
5. Глубинные насосы с погружаемым в воду мотором	65
Глава II. Терминология грунтовых вод	74
Глава III. Теория понижения уровня грунтовых вод	80
§ 1. Основной закон движения грунтовых вод	—
§ 2. Теория одиночного трубчатого колодца при ненарных грунтовых водах	85
1. Допущения и ограничения	86
2. Теория одиночного трубчатого колодца Dupuit-Thiem'a	88
3. Теория Козену	95
4. Выводы о теории Dupuit-Thiem'a	97
5. Поправки к формулам Dupuit-Thiem'a	100
6. Полный и неполный колодцы, установление величины H	103
§ 3. Основные уравнения групповой установки понижения ненарных грунтовых вод	—
1. Уравнения Ph. Forchheimer'a	107
2. Подобные установки	109
3. Установки удлиненной формы	113
§ 4. Радиус действия	—
1. Радиус действия одиночного колодца	—
2. Радиус действия многоколодезной установки понижения ненарных грунтовых вод	119

§ 5	Теория одиночного трубчатого колодца и групповой установки при напорных водах	125
§	1. Одиночный колодец	—
§	2. Групповая установка	126
§	6. Производительность колодца E	127
§	7. Понижение уровня грунтовых вод вблизи открытых водоемов	135
§	8. Влияние дождя	138
§	9. Понижение уровня грунтовых вод при слоях различной водопроницаемости	140
§	10. Влияние естественного уклона поверхности грунтовых вод	142
	Глава IV. Классификация грунтов	147
§	1. Общие соображения	—
§	2. Классификация грунтов по способу образования	150
§	3. Классификация грунтов по строению (по гранулометрическому составу)	153
§	4. Свойства грунтов по отношению к воде	158
	Глава V. Предварительные изыскания и исследования	161
§	1. Геологические исследования	—
	1. Бурение. План работ. Добывание проб. Документация	—
	2. Механический анализ грунтов	164
	3. Полевое сравнительное определение механического состава грунтов	169
	4. Геогидрологические разрезы и карты	170
§	2. Обследование местных особенностей	—
§	3. Определение коэффициента водопроницаемости грунта k	172
	1. Определение k по формулам	—
	2. Лабораторное определение коэффициента водопроницаемости k	178
	3. Полевые способы определения k	180
§	4. Пробные понижения	189
	1. Задача пробных понижений	—
	2. Размеры пробных установок	190
	3. Производство измерений	—
	Глава VI. Проектирование установок понижения	198
§	1. Общие соображения	—
§	2. Расчет установок понижения уровня грунтовых вод	200
	1. Установление величины водопроницаемости k	201
	2. Установление радиуса действия установки понижения R	202
	3. Установление производительности колодца E	203
	4. Общий ход расчета установки понижения уровня грунтовых вод	204
§	3. Пример расчета	212
	Глава VII. Производство искусственного понижения уровня грунтовых вод	221
§	1. Наблюдения и регулирование работы станции	—
§	2. Затруднения при понижении и меры их устранения	222
§	3. Особенности земляных и прочих работ при искусственном понижении	225
	Примеры исполненных понижений	226
	1. Понижение грунтовых вод при постройке шлюза Flaesheim	—
	2. Понижение уровня грунтовых вод на заводе им. Дзержинского в г. Каменском	233
	3. Понижение грунтовых вод на Александровца	239
	4. Понижение грунтовых вод под Лихтенбергском вокзалом в Берлине	241
	Заключение	244
	Литература	247

ВВЕДЕНИЕ

Во всех областях строительства, связанных с отрывкой глубоких котлованов или с производством подземных работ, наибольшие трудности возникают при водоносности разрабатываемых грунтов.

В настоящее время известны следующие способы производства грубинных работ в водоносных грунтах:

1. Способы открытого котлована с наклонными или вертикальными стенками и с открытым водоотливом.
2. Способы работ с применением сжатого воздуха (кессонный способ, тоннельный способ со щитом).
3. Способ замораживания грунта.
4. Способ цементации грунта.
5. Способ окаменения (силикатизации) грунта.
6. Способ искусственного понижения грунтовых вод.

Если в отдельных случаях и можно себе представить применимость только одного из перечисленных способов, то в большинстве случаев все или несколько способов могут между собой конкурировать. На выбор того или иного способа влияют самые разнообразные условия.

Наиболее распространен благодаря своей простоте способ открытого котлована с открытым водоотливом. Если при отсутствии грунтовых вод заложение откосов соответствует углу естественного откоса сухого грунта, то в водоносных грунтах это заложение значительно увеличивается, а потому увеличивается и объем земляных работ. Во многих случаях (в городах) способ открытого котлована с наклонными стенками совершенно недопустим из-за недостатка площади, а потому заменяется котлованом с вертикальными шпунтовыми стенками и с тем же открытым водоотливом.

Если этот способ может применяться без особых затруднений при небольшой ширине котлована (траншея), то при большой ширине он становится более затруднительным, требуя сложных и не всегда вполне надежных креплений. Сложное крепление, не говоря уже об удорожании работ, настолько стесняет рабочее пространство котлована, что значительно затрудняет и даже совершенно иногда исключает возможность применения необходимых строительных машин.

Вода, проникающая в котлован через щели шпунтовых стенок и со дна, затрудняет и удорожает как земляные, так и остальные строительные работы и часто является причиной недостаточно хорошего качества работ. Поступающая в котлован во время работ вода часто выносит с собою из-за шпунта и со дна частицы грунта, за стенками образуются пустоты, ослаб-

ляется крепление, что угрожает обвалом котлована и является при известных условиях опасным в отношении устойчивости соседних строений.

Большинство углубленных и подземных сооружений должно быть надежно изолировано от проникания внутрь их грунтовой воды.

Основным условием для устройства изоляции является сухость котлована во время производства изоляционных работ, чего при открытом водоотливе (со дна котлована) трудно достигнуть.

Применение металлического шпунта новейших конструкций хотя и ведет к устранению целого ряда крупнейших недостатков котлованного способа с открытым водоотливом, но в экономическом отношении не всегда оказывается приемлемым.

Способы углубления котлованов без откачки воды с удалением грунта многоковшевыми землечерпалками и землесосами при больших открытых котлованах без крепления, а также и грейферными землечерпательными снарядами при котлованах малой площади с вертикальными шпунтовыми стенками, являясь иногда экономически выгодными и допустимыми, в редких случаях (при применении подводного бетонирования) могут исключить необходимость заканчивания котлована под защитой водоотлива. Основное требование при устройстве основания всякого сооружения заключается в том, чтобы грунт под основанием не был нарушен, т. е. не должно быть перебоев и взрыхления грунта. Поэтому отрывка котлована под водой, если она вообще выгодна и допустима, должна быть прекращена ранее достижения проектной глубины котлована, после чего должна производиться откачка воды и продолжаться затем для углубления котлована до проектной отметки и для производства всех работ по устройству основания и вообще подземной части сооружения.

В тех случаях, когда недостаточно места для придания откосам котлована того большого заложения, которое требуется для устойчивости их при последующей откачке воды, когда грунт вместе с водой требуется транспортировать на большое расстояние, когда возможность опознания откосов котлована после водоотлива может угрожать устойчивости соседних сооружений, а вертикальное крепление стен после откачки воды из котлована должно испытывать такое давление наружного неосушенного грунта, что перерасходы на крепление сведут на-нет экономию от применения подводного землечерпания, тогда последнее становится невыгодным. Вообще способ подводного землечерпания из котлованов в очень многих случаях может оказаться неэкономичным и почти никогда не исключает необходимости водоотлива кроме случаев применения последующего подводного бетонирования.

Способ подводного бетонирования, состоящий в том, что бетонную массу в свежем, а иногда и в полусхватившемся (способ Кинишле) состоянии в мешках и ящиках по трубам с воронками спускают на дно котлована, заполненного водой, и укладывают слоями, имеет так много недостатков, что может применяться только при устройстве тех оснований, от которых не требуется особой прочности. При подводном бетонировании терется много вяжущего вещества, получается много бетонной грязи, не схватывающейся и разделяющей всю подводную бетонную кладку на несвязанные слои и даже отдельные куски, причем удаление этой грязи насосами полностью не удается и создает добавочное вымывание цементного раствора. Приспособления для подводного бетонирования громоздки, распределение бетонной массы неравномерно, необходимо участие водолазов, применение арматуры весьма затруднительно, почти невозможно, так что устраивать железобетонные основания и тем более подземные части стен сооружения способом подводного бетонирования не удается, а если и удастся, то весьма сомнительного качества.

Ввиду этих недостатков способ подводного бетонирования в открытых котлованах на суше или в водоеме за перемышками почти совершенно вытеснен способом нормальной кладки в осушенном при помощи искусственного понижения уровня грунтовых вод котловане, а если еще может найти применение, то лишь при устройстве таких например сооружений, как портовые молы, где не требуется такой тщательности бетонной кладки, которая оправдала бы устройство ограждающих перемычек и производство водоотлива.

Способы работ с применением сжатого воздуха сопряжены с большими расходами средств и времени, требуют сложного оборудования, особо привычных и выносливых рабочих и связаны с опасностью для их здоровья.

Кессонный способ применяется главным образом для устройства подводных оснований, способ же горизонтального кессона — «способ со щитом» — применяется для тоннельных работ в водоносных грунтах только на достаточно большой глубине.

Однако и из этих довольно узких областей применения способ сжатого воздуха все более и более теперь вытесняется способом понижения грунтовых вод, не сопряженным с вышеуказанными недостатками.

Способ замораживания в отдельных случаях (проходка шахт в глинистых пльвунах) имеет неоспоримые преимущества перед всеми другими способами, однако, когда с ним могут конкурировать другие современные способы, уступает им, особенно при выработках с большой площадью. Существеннейшими его недостатками являются большая стоимость оборудования и эксплуатации, а также чувствительность к движению грунтовых вод.

Способ цементации грунта имеет наибольшее применение для прекращения постоянной фильтрации воды через грунт. Так например цементация часто применяется для устранения фильтрации воды под основанием плотин из крупнозернистых рыхлых или трещиноватых скальных пород.

Защита же котлованов или подземных выработок большого протяжения только на время производства работ посредством цементации грунта, при высокой стоимости цемента и производства работ, в большинстве случаев оказывается экономически невыгодной, а потому применяется сравнительно в редких случаях, когда никакой другой способ не может быть применен или оказывается еще более дорогим.

Способ окаменения (силикатизации) грунта состоит в том, что в грунт через скважины нагнетаются особые жидкости, которые во взаимодействии одна с другой и с песчаным грунтом превращают последний в сцементированную породу, не пропускающую воду. Этот способ работ является весьма радикальным в глубинном строительстве, но при его сравнительной новизне пока еще является очень дорогим, а потому применяется для защиты котлованов от притока грунтовых вод в сравнительно небольших объемах и главным образом там, где другие способы не достигают цели или оказываются еще более дорогими.

Способ искусственного понижения уровня грунтовых вод, появившийся впервые в 70-х годах прошлого столетия и долгое время малоизвестный, за последние три десятилетия сделал такие успехи, что стал за границей, в частности в Германии, одним из наиболее распространенных способов глубинных работ в водоносных грунтах. С первой пятилетки он начал усиленно внедряться в практику глубинного строительства СССР, а теперь применение его у нас неуклонно расширяется.

Этот способ заключается в установке группы трубчатых или шахтных фильтрационных колодцев, определенным образом расположенных на тер-

ритории постройки, и непрерывной откачки из этих колодцев притекающей в них грунтовой воды.

В результате более или менее продолжительной откачки первоначальный природный уровень грунтовых вод в пределах площади строящегося сооружения понижается до необходимой глубины, а следовательно подлежащий отрывке грунт до той же глубины освобождается от воды. Открытый затем в осушенном грунте котлован или подземная выработка при продолжающемся действии колодцев сохраняется в осушенном состоянии до окончания всего сооружения или части его, расположенной ниже природного уровня грунтовых вод. После окончания постройки водоотлив прекращается, колодцы вытаскиваются и вокруг сооружения восстанавливается первоначальный уровень грунтовых вод. Экономичность, простота оборудования, возможность самого тщательного выполнения строительных работ и широкого применения строительных машин, безопасность для соседних строений — вот те главные преимущества способа понижения уровня грунтовых вод, которые способствовали его широкому распространению и непрерывному совершенствованию.

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СПОСОБА ПониЖЕНИЯ

Существенным отличием способа понижения от открытого водоотлива является то, что в последнем отрывка производится попутно с водоотливом со дна котлована, тогда как в первом отрывке предшествует осушение грунта при помощи заранее устанавливаемых трубчатых колодцев.

Не считая примитивных устройств для такого предварительного осушения грунта, применявшихся еще в древности, начало применения способа понижения в близком к современному виде следует отнести к середине 70-х годов прошлого столетия: впервые в это время понижение было произведено при постройке водоотливного канала в Тегеле и несколько позднее при постройке шлюза в Гольгенау (Северогерманский канал). Правда, там еще не были применены буровые колодцы, вместо них было небольшое количество шахтных колодцев. В 1886 г. известный гидролог А. Тим (A. Thiem) в предместье Лейпцига — Наунгофене при постройке главного водосборного колодца применил понижение уровня грунтовых вод при помощи шести трубчатых колодцев, расположенных вокруг строящегося сооружения; в эти колодцы были опущены всасывающие трубы, которые были присоединены к общему всасывающему трубопроводу, ведущему воду к центробежному насосу.

В начале 90-х годов прошлого столетия под руководством Зейферта (Seyffert) были произведены работы с понижением грунтовых вод при постройке водопроводных сооружений у оз. Ван и в Юнгферхейде (Германия).

В 1897 г. инж. Бредтшнейдер (Bredtschneider) впервые применил понижение грунтовых вод при постройке канализации в Шарлоттенбурге, причем была достигнута экономия в 50% против применявшегося до того способа работ с шпунтовым ограждением и открытым водоотливом.

В 1894—1896 гг. способ понижения был применен для постройки отдельных участков метрополитена в Будапеште. Начиная с 1900 г., этот способ стал применяться при постройке берлинского метрополитена и вскоре завоевал там преимущественное, а затем и исключительное положение.

В 1903—1904 гг. во Франции искусственное понижение уровня грунтовых вод было применено в большом масштабе при постройке метрополитена в плывунах на улице Бельгран в Париже.

Дальнейшая история дает многочисленные примеры понижения грунтовых вод в различных областях глубинного строительства Германии, Франции, Англии, Америки, Швеции, Венгрии, Бельгии, Голландии и др.

В дореволюционной России этот способ был мало известен, хотя отдельные случаи его применения и имели место, как например понижение на 3,5 м напорного уровня грунтовой воды, произведенное инж. Е. К. Кнорре при постройке водозаборного колодца на текстильной фабрике б. Циндель в 90-х годах прошлого столетия, при постройке Кочетовской плотины на Дону в 1912—1913 гг., при постройке главной насосной канализационной станции в Москве в 1913 г. и некоторые другие.

Первые случаи понижения грунтовых вод ограничивались незначительными глубинами. Так как высота всасывания насосов при неизбежных потерях в трубопроводах не превосходит обычно 5—7 м, а в промежутках между колодцами уровень грунтовой воды располагается выше уровня в колодцах, то общее понижение уровня грунтовых вод обычно не превосходит 3—5 м. Для достижения более глубокого понижения стали применять так называемое ступенчатое или ярусное понижение. Последний способ состоит в том, что после достигнутого предельного понижения 3—5 м производится отрывка осушенного грунта; по достижении отрывкой пониженного уровня грунтовых вод закладывается новая группа колодцев, которая присоединяется при помощи всасывающего трубопровода к установленному на дне котлована насосу, и понижение производится дальше. Обычно с введением в действие этой второй группы колодцев со своими отдельными насосами, расположенными на дне первой выемки, оборудование верхнего яруса не разбирается, а действует совместно со вторым ярусом или является резервом.

Судя по литературным источникам, впервые ярусное понижение было применено в 1892 г. инж. Ф. Принцем (Е. Prinz) в Германии. В 1905 г. этот способ был широко использован при постройке и ремонте шлюзов в Фюрстенвальде (Германия).

В 1906 г. Ф. Принцем был описан способ так называемого продольно-ступенчатого понижения, примененный при постройке метрополитена на участке Зоологисхе Гартен — Круммерштрассе в Берлине.

Ярусный способ находит широкое применение и в настоящее время как при отрывке котлованов с откосами, так и с вертикальными стенками. Число ярусов может быть различным, смотря по глубине требуемого понижения. Известны случаи четырех-, пяти- и даже шестиярусных понижений.

Наряду с требованием больших глубин понижения часто предъявляется требование наибольшей компактности установки во избежание загромождения котлована большим количеством труб, задвижек, насосных установок и пр.

Применением глубинных насосов, устанавливаемых в глубоких колодцах и подающих воду по напорным трубопроводам, разрешен и этот вопрос.

Постепенное совершенствование конструкции такого рода насосов, начиная от давно известных и по многим причинам неудобных эрлифтов, штанговых поршневых и центробежных глубинных насосов с моторами на поверхности земли, привело в последние годы к типу так называемых Tauchmotorgruppe — погружаемых внутрь колодцев агрегатов, состоящих из центробежного насоса и электромотора трехфазного тока.

Впервые применение насосов с погружаемым мотором имело место при перестройке доков в Киле в 1926 г., а затем в 1926/27 г. — при перестройке здания государственной оперы в Берлине, в 1927/28 г. была применена большая, хорошо оборудованная установка глубинных насосов с погруженным мотором при постройке участка метрополитена вблизи умформерной станции Александерплац (Alexanderplatz) в Берлине. В последние годы способ ярусного понижения все более и более решительно вытесняется безъярусным с применением глубинных насосов.

В СССР после гражданской войны при небольшом еще развитии строительства способ понижения продолжал применяться, так же как и до империалистической войны, в редких, единичных случаях.

В 1922 г. понижение уровня грунтовых вод было применено при постройке опускным способом железобетонного водоприемного колодца диаметром в свету 3,7 м для Симоновской водоканчки Московско-Казанской железной дороги в Москве. Вся установка состояла из 12 колодцев глубиной 16,75 м с внутренним диаметром 100 мм и наружным 254 мм (с обсыпкой песком и гравием), причем уровень грунтовой воды был понижен на 3,7 м, откачка воды производилась эжекторами, общий дебит всей установки не превышал 6 л/сек.

В 1923, затем в 1924 и наконец в 1925 гг. в Балахне вблизи г. Горького последовательно было осуществлено по проектам и под руководством проф. М. Е. Кнорре несколько установок понижения грунтовых вод: при постройке водохранилищной земляной плотины и бетонного водослива при ней, при прокладке закрытого водоподводящего канала длиной около 200 м и других сооружений для водоснабжения Горьковской ГРЭС. Глубина понижения, достигавшаяся этими установками, составляла от 3,5 до 5 м. Колодцы применялись обыкновенные трубчатые с сеткой, насосы — горизонтальные центробежные, присоединенные к общему всасывающему трубопроводу. Число колодцев каждой установки было 15—25.

В 1926 г. понижение уровня грунтовых вод проведено было в Ленинграде для отрывки котлована Василеостровской канализационной насосно-очистной станции, где однако колодцы были не трубчатые, а копанные деревянные.

В 1927 г. под руководством проф. М. Е. Кнорре было применено понижение при постройке канализации на Купавинской текстильной фабрике под Москвой с глубиной понижения до 4 м.

За последние 5 лет искусственное понижение грунтовых вод стало широко развиваться в СССР.

С 1930 г. начало применять способ понижения грунтовых вод объединение Союзводстрой (б. трест Водоканалстрой), когда под руководством автора были проведены первые понизительные работы для постройки насосных канализационных станций в Перове и в Люберцах (под Москвой), причем глубина понижения достигала уже 8 м.

В 1931 г. при консультации автора то же объединение применило понижение в большом масштабе на водопроводно-канализационных работах автозавода им. Молотова вблизи г. Горького, а именно:

1. При постройке перекачивательной канализационной станции в виде опускного квадратного колодца $12 \times 12 \text{ м}^2$ при общей глубине 13,50 м от поверхности земли и 8,70 м от естественного уровня грунтовых вод. Понижение было выполнено посредством 16 трубчатых колодцев диаметром 150 мм и глубиной 14 м, причем по мере опускания колодца (вслед за понижением уровня грунтовых вод) трубчатые колодцы укорачивались сверху, и таким образом выполнялось ярусное понижение «в себе». Для откачки воды было установлено 4 центробежных насоса диаметром 100 мм и 4 таких же запасных, опускавшихся вместе с опускным колодцем. Общий наибольший дебит установки составлял около 70 л/сек.

2. При постройке в 80 м от р. Оки опускным способом водопроводной насосной станции первого подъема размерами в плане $20 \times 16 \text{ м}^2$ и глубиной дна от естественного уровня грунтовых вод 6,5 м. Здесь также было установлено 16 трубчатых колодцев глубиной 17 м, диаметром 150 мм. 8 центробежных насосов диаметром 100 мм и применен тот же прием «ярусов в себе», что и на первой.