

С.П. ГРЕКОВ, А.А. ВСЯКИЙ

Научно-исследовательский институт горноспасательного дела и пожарной безопасности «Респиратор»

В.Б. РУДНИЦКИЙ

Хмельницкий национальный университет

ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ УГЛЕНОСНОЙ ТОЛЩИ В ЗОНАХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ НА ЭНДОГЕННУЮ ПОЖАРООПАСНОСТЬ

Проанализированы результаты экспериментальных исследований по разрушению композитных материалов при их статическом напряжении. Показана аналогия воздействия нагрузки на разрушение целиков угля в шахтах, оставляемых не вынутыми в зоне геологических нарушений, что приводит к возникновению эндогенных пожаров в этих местах.

Ключевые слова: эндогенный пожар, зона геологического нарушения, угольный пласт, целик, композитный материал, оси, статическое напряжение.

S.P. GREKOV, A.A. VSYAKIY

The "Respirator" Scientific Research Institute of Mine-rescue Work and Fire Safety

V.B. RUDNITSKY

Khmelnytsky National University

INFLUENCE OF THE STATE OF THE CARBONIFEROUS THICKNESS IN ZONES OF GEOLOGICAL DISTURBANCES ON THE SPONTANEOUS FIRE HAZARD

The results of experimental investigations on destruction of composite materials by their static stress are analyzed. The analogy of influence of the load on destruction of the coal posts in the mines being lost not extracted in the zone of the geological disturbances is shown, what results in the origin of the spontaneous fires in these places.

Keywords: spontaneous fire, zone of geological disturbance, coal seam, post, composite material, axes, static stress.

Постановка задачи

При разработке угольных пластов нередко встречаются геологические нарушения (расслоение пласта, надвиги, сбросы и пр.). Выемка угля в этих местах затруднительна, в связи, с чем часть угля остается в выработанном пространстве, самонагревается за счет внутренних источников (химических реакций окисления). Это приводит к выделению в шахтную атмосферу вредных веществ, эндогенному пожару и выходу из строя добычного участка.

Условия возникновения пожаров в зонах геологических нарушений (ЗГН) изучены недостаточно, о чем свидетельствует тот факт, что в них возникает около 30 % от числа всех эндогенных пожаров. Это и явилось предметом данного исследования.

Анализ публикаций по теме исследований

В предложенных ранее методах оценки пожароопасности выемочных полей [1-3] специфика самонагрева угля в ЗГН не учитывалась, в связи, с чем применение полученных результатов ограничивалось условиями разработки пластов. В то же время в ЗГН разрывного характера внутренняя структура пласта существенно отличается от структуры ненарушенной толщи. Отличие заключается в повышенной трещиноватости, которая в свою очередь предопределяет пониженную прочность углепородного массива. Наличие трещиноватости, как считает автор [4], является следствием значительных механических нагрузок, которые испытал углепородный массив в непосредственной близости от плоскости смещений в период формирования нарушений.

Специфика потерь угля в ЗГН предопределила постановку задачи исследования тепломассообменных процессов самовозгорания угля в этих местах.

Цель статьи

Исследование влияния состояния угольного пласта в ЗГН на пожароопасность для разработки методики количественной оценки эндогенной пожароопасности горных работ.

Основная часть

При вскрытии зоны нарушения горными работами, сопровождающемся перераспределением горного давления и возникновением пустот, в этих зонах начинается более интенсивное, чем в других местах, разрушение углепородного массива. Это приводит к интенсивной дегазации угля и фильтрации воздуха через него, что способствует развитию окислительных процессов.

С целью анализа условий возникновения эндогенных пожаров были проанализированы данные о пожарах, происшедших в шахтах Донбасса в период с 1964 по 1973 гг., в которых было наибольшее их количество.

Случаями возникновения эндогенных пожаров охвачены пласты пологого, наклонного и крутого падения мощностью от 1 до 2,2 м с марками углей от длиннопламенных до тощих, метанообильностью от 1,5 до 27 м³/т, влажностью от 1 до 14,7 % и содержанием серы 1,6 ÷ 8,5 %.

Большое количество эндогенных пожаров произошло в зонах геологических нарушений. Типы ЗГН были представлены в виде раздвоение пласта, увеличение мощности или сдвига пласта. В этих зонах

после работ по выемке угля в выработанном пространстве оставались потери угля в виде целика над штреками, угольных полос по всей длине лавы, в отдельных местах лавы в кровле, либо почве пласта. Пожаров в этих случаях произошло 8 из 18 общего числа.

В этот же период времени произошло 6 пожаров в целиках, оставленных в связи с принятой технологией выемки угля.

14 пожаров из 18 (т.е. около 80 %) возникло в выработанном пространстве в раздавленных горным давлением целиках. Остальные пожары (четыре) возникли в насыпном угле в местах, где его оставили при подбуровке лавы (два случая) и в неустановленных местах (два случая).

Таким образом, 80 % случаев возникновения эндогенных пожаров связано с действием сил горного давления на целики угля, зависящего от массы налегающей толщи пород в сочетании с определенными физико-механическими свойствами подверженного самонагреванию угля.

Автором [5] показано, что в горном массиве существуют длительно действующие факторы, приводящие к возникновению в отдельных участках горного массива высоких неравнокомпонентных напряжений в полости напластования. Такие случаи чаще всего встречаются в ЗГН.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований мезомеханики разрушений материалов с трещинами при сжатии (которые имеют место и в случае геологических нарушений угольных пластов) изложены в работе [6]. Исследования проводились со слоистыми композитными пластинами, ослабленными отверстиями круглой формы. При этом слои укладывались по толщине вдоль координаты Z (рис. 1а, (для пласта угля по его мощности m) вдоль оси OZ таким образом, что оси OX и OY являлись осями симметрии свойств композитного слоистого материала, т.е. с применением этих осей координат композитный материал считался ортотропным. (Аналог расположения осей координат для части оставленного угольного целика после очистных работ по выемке угольного пласта представлен на рис. 1б).

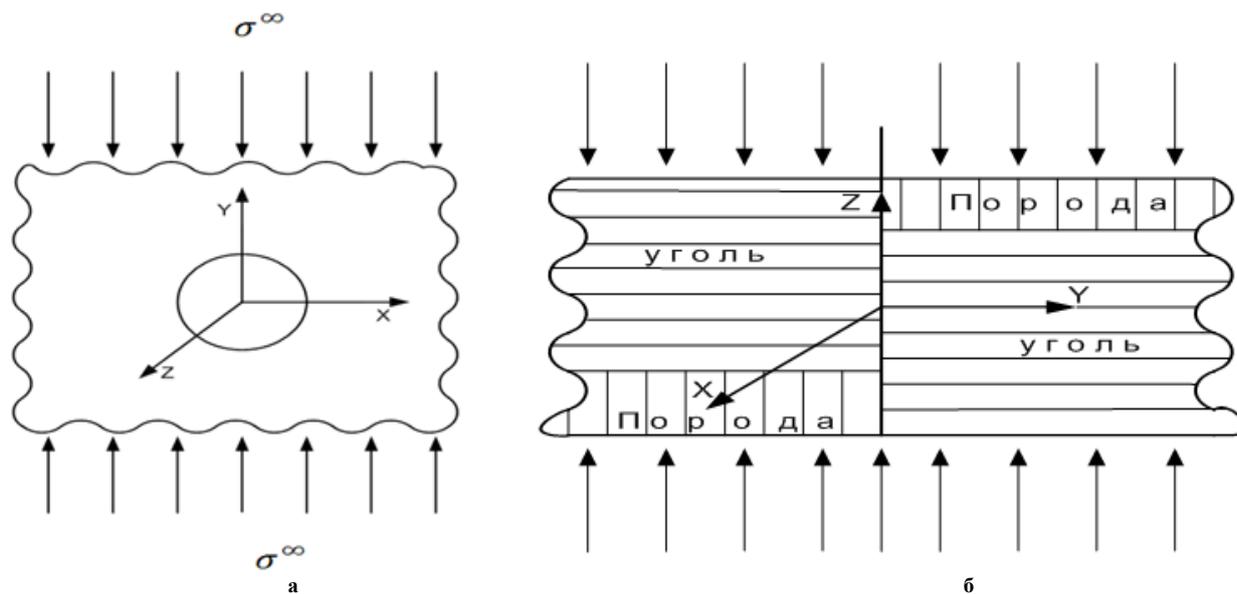


Рис. 1. Расположение осей координат при исследовании сжатия композитного материала с отверстиями (а) и угольного целика (б)

При экспериментальных исследованиях осуществлялось сжатие материала вдоль оси OY. Основное внимание уделялось анализу характера разрушений. Во всех случаях разрушения развивались от зон с наибольшей концентрацией напряжений (в соответствии с рис. 1а – от двух точек, лежащих на пересечении горизонтальной оси Y и контура отверстия, а рис. 1б – линии трещин вдоль оси X). Разрушенные зоны для различных композитных материалов, взятые из источника [8] приведены на рис. 2.

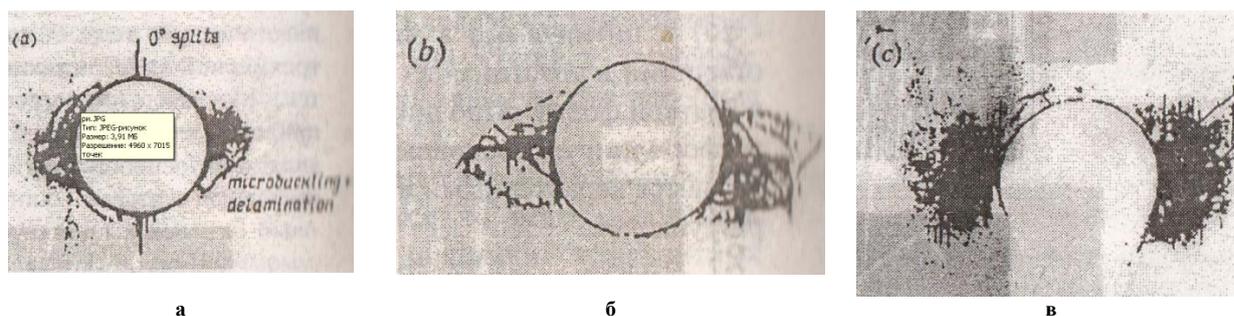


Рис. 2. Зоны разрушения для различных композитных материалов, полученных рентгеноструктурным анализом. (рентгенограммы представлены из [6] [654 -655])

Представленные на рис. 2. результаты являются рентгенограммами; при этом возникающие разрушения классифицируются авторами как микровыпучивание – локальная потеря устойчивости (microbuckling) и расслоение (delamination).

Наряду с рентгеноструктурным анализом, для более тщательного анализа разрушения материала в различных зонах проводились исследования с привлечением электронного микроскопа [9] при различном увеличении, которое указано на каждом из приведенных электронных микрофотографий (рис. 3а, б, в). На этих фотографиях показаны разрушения слоя материала при нагрузке по его толщине (аналог целлика угля, оставляемого не вынутым после прохождения линии очистного забоя, рис 1б).

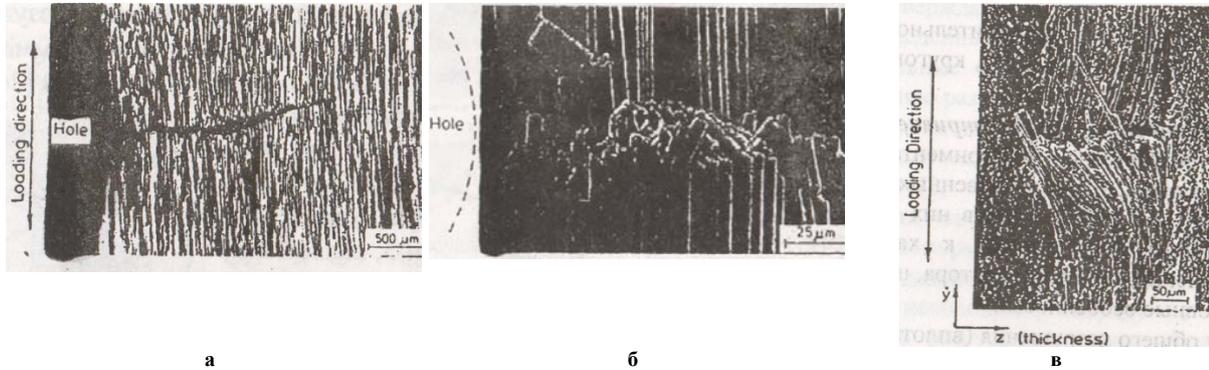


Рис. 3. Электронные микрофотографии разрушения слоистых материалов (электронные микрофотографии представлены из [6] [654 -655])

На рис. 3а показано распространение разрушенной части материала в направлении, почти перпендикулярном к направлению действия сжимающей нагрузки. При значительно большем увеличении по сравнению с рис. 3а (приблизительно в 20 раз) на рис. 3б показана структура разрушенной части материала. На рис. 3в по толщине (вдоль оси OZ, рис. 1) представлена структура разрушенной части материала на краю отверстия, где четко видно микровыпучивание разрушенных волокон в сторону отверстия и также расслоение слоистого композита.

Анализируя приведенные результаты, авторы [6] считают доказанным, что разрушения распространяются почти перпендикулярно к направлению действия сжимающей нагрузки.

Это значит, что в случае целлика угля, оставленного в выработанном пространстве в зоне геологического нарушения, трещины направлены горизонтально, либо по линии близкой к падению пласта, в том числе частично вдоль направления утечек воздуха. Это способствует дегазации угля, проникновению в него кислорода и реакции окисления. При этом в местах появления трещин напряжения, как видно из рис. 1а, они концентрируются. Это ведет к измельчению около них угля, что способствует его самонагреванию.

Кроме длительно действующих внутрипланетарных факторов, приводящих к возникновению в отдельных участках горного массива высоких неравнокомпонентных напряжений в плоскости напластований (в горизонтальной или близкой к ней плоскости) объективно существует и ряд других факторов, общепланетарных, которые приводят к периодическим усилениям или ослаблениям высоких напряжений неотектонического происхождения, и как следствие этого, к увеличению или уменьшению в определенные периоды времени динамических и газодинамических явлений в шахтах.

По данным исследований М.В. Стоваса, вековое замедление вращения Земли наряду с внутриземными факторами приводит к накоплению в земной коре высоких напряжений. Причем наиболее существенными для возникновения динамических и газодинамических явлений в шахтах является только накопление напряжений в плоскости напластований (в горизонтальной или близкой к ней плоскости). Накопление вертикальных напряжений, превышающих γH , может иметь место только в пределах, не превышающих прочность наиболее прочных пород на растяжение.

Кроме этого давно подмечена сезонная нестабильность самовозгорания угольных пластов в Донбассе. С позиций тектонофизической теории она объясняется увеличением или ослаблением напряженного состояния угленосной толщи в определенные периоды. Одной из причин такого состояния земной коры может быть нестабильность вращения планеты Земля. При замедлении вращения напряженное состояние земной коры в вертикальном направлении должно увеличиваться, а при ускорении, вследствие возникновения центробежных сил, уменьшаться. Исходя из этого в периоды замедления вращения Земли опасность самовозгорания в шахтах должна уменьшаться, а при ускорении вращения планеты – несколько увеличиваться.

В соответствии с работой [7] наибольшее уменьшение скорости вращения Земли наблюдается в марте – июне, а увеличение, исходя из многолетних наблюдений, приходится на июль – октябрь с максимумом в августе.

Чтобы прояснить вопрос влияния сокращения угледобычи на изменение количества эндогенных пожаров в разные периоды года необходимо иметь сведения о месячной добыче угля из опасных по эндогенным пожарам пластов. Однако таких сведений нет. Поэтому воспользуемся данными автора [7], проводившего исследования изменения угледобычи в течение года по одному из наиболее крупных в

Украине объединений (ПО Донецкуголь). Эти исследования показали, что отличие в добыче угля в весенний и летний периоды составляют не более 3 %. Поэтому есть основание предположить, что увеличение количества эндогенных пожаров в летний период можно отнести за счет увеличения скорости вращения Земли.

Графическая связь колебаний угловой скорости вращения Земли с количеством происшедших эндогенных пожаров в шахтах Донбасса изображена на Рис. 4.

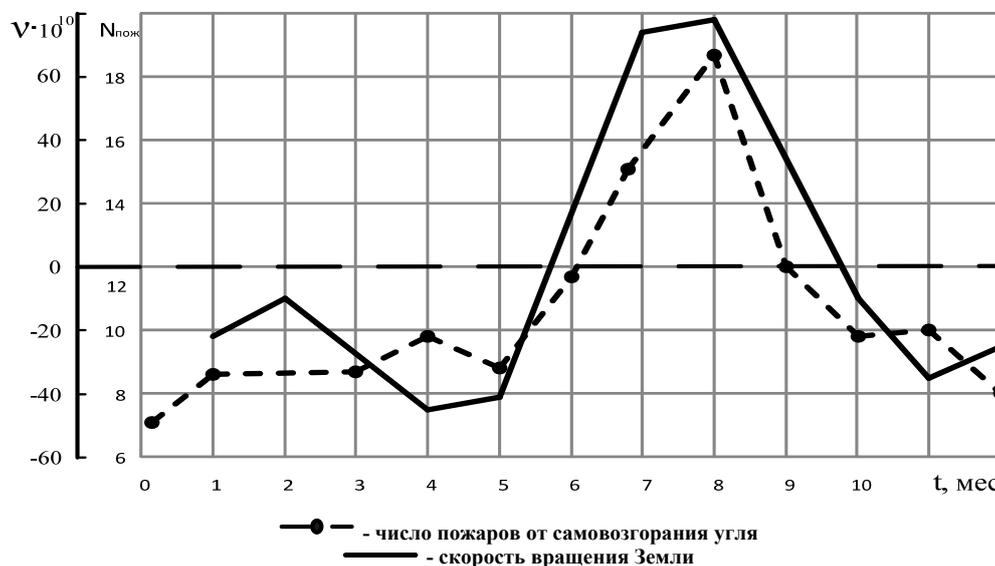


Рис. 4. Графики V , N соответственно сезонных колебаний скорости вращения земли по данным [7] и числа эндогенных пожаров за период с 1965 по 1973 гг.

Таким образом, экспериментальные исследования в различных областях знаний однозначно показывают связь напряжений в земной коре с их разрушающим действием, появлением трещин, увеличением напряжений вблизи них, что вызывает измельчение угля, его дегазацию, способствует прососам воздуха и как результат ведет к эндогенным пожарам, число которых зависит от изменения этих напряжений.

Выводы

В дальнейшем целесообразно направить усилия на математическое описание исследуемых явлений, моделирования процесса применительно к конкретным условиям типов геологических нарушений и нагрузок для последующего использования при прогнозе и предотвращении эндогенных пожаров.

Литература

1. Греков С.П. Моделирование теплообменных процессов в самовозгорающихся двухфазных средах методом прямых. / С.П. Греков, И.Н. Зинченко, Г.Б. Тында // Вестн. Харьк. нац. ун-та. - 2005. - № 661. Сер. «Мат. моделирование...». Вып. 4. - С. 89 - 96.
2. Греков С.П. Тепломассообменные процессы в самовоспламеняющихся газоотдающих двухфазных средах. / С.П. Греков, И.Н. Зинченко, Г.Б. Тында // Вестник Херсонского нац. техн. ун-та. Вып. 2 (22). - Херсон: ХНГУ, 2005. - С. 124 - 133.
3. Греков С.П. Сорбционные процессы в угольных скоплениях при метановыделении и испарении влаги. / С.П. Греков, И.Н. Зинченко, Г.Б. Тында // Вестник Херсонского нац. техн. ун-та. Вып. 2 (25). - Херсон: ХНГУ, 2006. - С. 166-173.
4. Тында Г.Б. Влияние структурных изменений угольных пластов в зоне геологических нарушений на окислительную способность угля / Г.Б. Тында // Горноспасательное дело: Сб. науч. тр. / НИИГД «Респиратор». - Донецк, 2004. - Вып. 41. - С. 97 - 103.
5. Волошин Н.Е. Основы тектонофизической теории выбросов твердых ископаемых и пород в шахтах. Донецк – 2007, 64 с.
6. Гузь А.Н., Рудницкий В.Б. Основы теории контактного взаимодействия упругих тел с начальными (остаточными) напряжениями. Научное изд. института механики им. Тимошенка С.П. Нац. акад. наук Украины, Хмельницкий, 2006, 710 с.
7. Сидоренков Н.С. физика неустойчивости вращения Земли. М., Физматлит, 2002, 380 с.
8. Soutis C.; Curtis P.T. and Flek N.A. Compressive failure of notched carbon fibre composites // Proc. R. Soc. London. - 1993. - 440. - P. 241- 256.
9. Soutis C., Flek N.A. and Smith P.A. Failure Prediction Technique for Compression Loaded Carbon Fibre-Epoxy Laminate with Open Holes // J. Comp. Mat. - 1991. - 25. - P. 1476 - 1498.

References

1. Grekov S.P. Modelirovanie teploobmennyykh processov v samovozgorajushhihsja dvuhfaznykh sredah metodom prjamyh. / S.P. Grekov, I.N. Zinchenko, G.B. Tynda // Vestn. Har'k. nac. un-ta. - 2005. - № 661. Ser. «Mat. modelirovanie...». Vyp. 4. - S. 89 - 96.
2. Grekov S.P. Teplomassoobmennyye processy v samovosplamenjajushhihsja gazooldajushhih dvuhfaznykh sredah. / S.P. Grekov, I.N. Zinchenko, G.B. Tynda // Vestnik Hersonskogo nac. tehn. un-ta. Vyp. 2 (22). - Herson: HNTU, 2005. - S. 124 - 133.
3. Grekov S.P. Sorbcionnyye processy v ugol'nyh skoplenijah pri metanovydelenii i isparenii vlagi. / S.P. Grekov, I.N. Zinchenko, G.B. Tynda // Vestnik Hersonskogo nac. tehn. un-ta. Vyp. 2 (25). - Herson: HNGU, 2006.-S. 166-173.
4. Tynda G.B. Vlijanie strukturnykh izmenenij ugol'nyh plastov v zone geologicheskikh narushenij na okislitel'nuju sposobnost' uglja / G.B. Tynda // Gornospasatel'noe delo: Sb. nauch. tr. / NIIGD «Respirator». - Doneck, 2004. - Vyp. 41. - S. 97 - 103.
5. Voloshin N.E. Osnovy tektonofizicheskoy teorii vybrosov tverdyh iskopaemyh i porod v shahtah. Doneck – 2007, 64 s.
6. Guz' A.N., Rudnickij V.B. Osnovy teorii kontaktного vzaimodejstviya uprugih tel s nachal'nymi (ostatochnymi) naprjazhenijami. Nauchnoe izd. instituta mehaniki im. Timoshenka S.P. Nac. akad. nauk Ukrainy, Hmel'nickij, 2006, 710 s.
7. Sidorenkov N.S. fizika nestabil'nosti vrashhenija Zemli. M., Fizmatlit, 2002, 380 s.
8. Soutis C.; Curtis P.T. and Flek N.A. Compressive failure of notched carbon fibre composites // Proc. R. Soc. London. - 1993. - 440. - P. 241- 256.
9. Soutis C., Flek N.A. and Smith P.A. Failure Prediction Technique for Compression Loaded Carbon Fibre-Epoxy Laminate with Open Holes // J. Comp. Mat. - 1991. - 25. - P. 1476 - 1498.

Рецензія/Peer review : 25.1.2014 р.

Надрукована/Printed :7.4.2014 р.

Статтю представляє: Рудницький В.Б., д.т.н., проф.

УДК 655.057

Н.П. БАДЬОРА, І.В. КОЦ

Вінницький національний технічний університет

АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ІН'ЄКЦІЙНОГО ЗАКРІПЛЕННЯ ҐРУНТОВИХ МАСИВІВ

Виконано аналіз відомих теоретичних та експериментальних результатів з розповсюдження технологічних розчинів в пористій структурі ґрунту. На основі проведеного аналізу виявлено, що залежності, які існують на сьогоднішній день мають ряд вагомих недоліків: вони не враховують кут нахилу свердловини до вертикалі, нагнітання відбувається тільки під постійним тиском, в отриманих залежностях середовище приймалося ідеальним та не враховувалась криволінійність каналів. Кожна із залежностей не виражає залежність радіуса від динамічного тиску нагнітання. В результаті проведеного аналізу запропонована залежність радіуса розповсюдження розчину від динамічного тиску нагнітання, що прямо пропорційна початковому розкриттю каналів ґрунту та обернено пропорційна динамічному напруженню зсуву.

Ключові слова: радіус розповсюдження, закріплення основи, тиск нагнітання, динамічне напруження зсуву, напір, коефіцієнт фільтрації, об'єм ін'єкційного розчину, діаметр свердловини.

N. P. BADORA, I. V. KOTS

Vinnitsa National Technical University, Ukraine

ANALYSIS OF THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES OF INJECTION THE SOIL MASS

Abstract – Analysis was performed by well-known theoretical and experimental studies. Radius distribution solution - is the main parameter that affects the process of injection. Based on the analysis revealed that depending have several disadvantages. They do not consider the angle to the vertical wells. The spiral occurs only under constant pressure. Environment 're taken and not taken into account channels. The analysis of the dependence of the radius of the proposed distribution of the solution of dynamic pressure injection which is directly proportional to the initial disclosure soil and feed inversely proportional dynamic tensions shift.

Keywords: radius distribution, consolidation basis, discharge pressure, dynamic voltage bias, filtration rate, volume of injection solution, the diameter of the hole.

Вступ

Досить часто виникає необхідність в підсиленні або ущільненні ґрунтового масиву для підвищення фізико-механічних характеристик ґрунту. На сьогоднішній день існує безліч способів та технологій підсилення ґрунтової основи. Одним із перспективних напрямків укріплення та підсилення ґрунту є ін'єкція скріпного розчину в товщу ґрунтового масиву під певним тиском. Питаннями ін'єкційного закріплення ґрунтів займалися такі вчені та науковці, як В.М. Марголін, А.Р. Ржаніцин, Е. Мааг, А.Н. Адамович, А. Камбефор, Т.С. Каранфілов А.А. Горбунов, Ю.А. Богомоллов, Д.В. Власов, М.Л. Зоценко, С.І. Головко та інші. Однак переважна більшість розроблених рекомендацій та отримані аналітичні залежності окремих авторів є недостатніми в питаннях, які пов'язані із розповсюдженням технологічного розчину в товщі ґрунтового масиву, визначенням максимального радіусу та глибини нагнітання, а тому потребують подальшого вивчення та уточнення. Необхідно ще також розв'язати ряд таких важливих питань як, наприклад: оптимальна тривалість ін'єктування та визначення закономірностей зміни робочого тиску нагнітання при накладенні додаткового створених періодичних імпульсів тиску. Подібні питання на сьогоднішній день ще залишаються незавершеними, а тому виникає подальша необхідність та є актуальним продовження дослідження процесів ін'єктування технологічних розчинів в ґрунтові масиви.

Метою даної статті є здійснення детального огляду та аналізу основних теоретичних і експериментальних результатів ін'єкційного закріплення ґрунтових масивів.