ВІДЗИВ
офіційного опонента
Петренко Володимира Дмитровича на дисертацію
Моркляника Богдана Васильовича
«Закономірності деформування геомеханічної системи «фундамент – грунтовий масив» в зоні дії колектора теплового насоса»,
що представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнича механіка»

1. Актуальність теми

Дисертація Моркляника Б.В. присвячена вирішенню актуальної науково-практичної проблеми визначення **закономірностей деформування геомеханічної системи «фундамент – грунтовий масив» в зоні дії колектора теплового насоса**. Вирішення цієї проблеми пов'язане з обґрунтуванням відповідних фізичних моделей, які спроможні якнайкраще відтворювати основні параметри досліджуваної геомеханічниої системи, що дозволяє розробляти та впроваджувати найбільш дієві заходи щодо забезпечення нормальної експлуатації розташованих в зоні впливу колектору теплового насосу фундаментів та споруд, а також будівель і споруд, в яких розміщено колектори теплових насосів.

Необхідність у вирішенні цієї проблеми пов'язана з тим, що залежність національної економіки від імпортних енергоресурсів змушує шукати нові шляхи зниження витрат на опалювання взимку і кондиціювання влітку.

У зв'язку з цим значний інтерес зумовлює інноваційна технологія, що основується на використанні так званих теплових насосів, які споживають на опалювання та підігрів води електричної енергії у 2,5–4,5 разів менше, ніж будь-який інший електричний нагрівальний прилад. Цей ефект досягається за рахунок відбору з основи низко потенційного тепла.

При роботі насосу в режимі кондиціювання, навпаки, в основу відводиться надлишок теплової енергії.

При цьому процеси нагрівання та охолодження грунту, його замерзання і відтавання мають циклічний характер (це обумовлено річним чергуванням циклів опалення та кондиціонування і різною інтенсивністю теплообміну протягом одного циклу).

Це призводить до морозного здуття і відтавання, зміни фільтраційних властивостей грунтових основ, а також виникненню змінних температурних напружень.

У зв'язку з цим при проектуванні суміщених основ та фундаментів виникають такі питання:

1. Як циклічне заморожування - розмерзання основи і підземних частин будівель і споруд, що знаходяться в зоні впливу колектора теплового насоса, позначаються на міцності та деформаційних властивостях ґрунту і бетону?

2. Які додаткові напруження і деформації виникнуть при циклічному заморожуванні - відтаванні , а також нагріванні - охолодженні основи і підземних частин будівель, що знаходяться в зоні впливу колектора теплового насоса?

3. Як зміниться несуча здатність висячих паль, що знаходяться в зоні впливу колектору теплового насосу, і їх осідання при циклічному заморожуванні - відтаванні основи?

4. Яким чином слід визначати температурні поля в зоні впливу теплового насосу?

Оскільки в діючих в даний час на території України відсутні відповіді на поставлені вище питання, тема дисертаційної роботи Моркляника Б. В. є актуальною, а поява самої роботи дуже своєчасною.

Дисертацію було виконано в межах наукових програм, а саме: «Енергоощадні технології у будівництві» 0114U005248, «Розробка та вдосконалення методів розрахунку конструкцій, мостів, будівель та споруд 0114U005249 кафедри мостів та будівельної механіки Національного університету «Львівська політехніка».

2. Наукові положення, що захищаються в дисертації, та наукова новизна отриманих результатів

Наукові положення, що винесені автором на захист, та наукова новизна отриманих результатів відповідають напрямкам поставлених задач досліджень та науковим напрямам спеціальності 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнича механіка».

Сутність наукових положень, що захищаються у дисертації полягає в наступному:

1. Сезонна зміна температури на денній поверхні в часі на всій території України описується поліномом четвертого ступеня, що дає змогу визначити зовнішнє температурне поле під час визначення напружено-деформованого стану ґрунту в зоні впливу колектора теплового насоса. При цьому коефіцієнти полінома залежать від міста, в якому визначається температура.

2. Розподіл температури в напівпросторі, зумовлений дією точкового змінного в часі джерела тепла і зовнішніх факторів, є нелінійною функцією координат, часу та теплофізичних властивостей гірської породи. При цьому температура в довільній точці напівпростору прямо пропорційна

інтенсивності джерела і зворотно пропорційна густині гірської породи, помноженій на її теплоємність, що дає змогу визначати температурне поле, зумовлене теплообміном між ґрунтом та колекторами теплових насосів складної форми.

3. Переміщення в напівпросторі, зумовлені фазовим переходом порової рідини в твердий стан під час заморожування гірської породи в довільній її точці, є нелінійною функцією координат, коефіцієнта об'ємного розширення та співвідношення деформаційних властивостей замерзлої та незамерзлої породи, що дає змогу на цій основі розраховувати деформації системи «фундамент – надфундаментна конструкція».

Основні наукові результати, на підставі яких можна зробити висновок про наявність в них наукової новизни, полягають в наступному:

Наукова новизна отриманих результатів:

- вперше сформульовано та вирішено задачу розрахунку деформацій в зоні впливу колектору теплового насосу, що дозволило обґрунтовано враховувати напружено – деформований стан основи і розташованих в ній конструкцій, які знаходяться в зоні впливу ґрунтового теплового насосу;

- експериментально доведено, що під час циклічного заморожування і розморожування бетонних елементів фундаментів із замонолічеником в них фрагментом пластикового колектора теплового насоса з'являються тріщини, а за певних умов – повністю руйнується бетон;

- під час заморожування рідини в залізобетонних елементах фундаментів з порожнинами відбувається руйнування бетону;

- показано, що якщо грунт або бетон постійно знаходиться під водою, при циклічному його заморожуванні – розмерзанні відбувається зниження його міцнісних та деформаційних властивостей, що відбувається за експоненціальною залежністю;

- вперше отримано аналітичне рішення задачі про визначення теплового поля в напівпросторі, зумовлене сезонними змінами температури на її поверхні, що притаманні Українському клімату;

- вперше отримано аналітичне рішення задачі про визначення теплового поля в грунтовому напівпросторі, обумовлене змінним в часі точковим джерелом температури;

- з використанням принципу суперпозиції ці результати використано для визначення температурного поля в основі плаского колектору грунтового насосу;

- вперше отримано аналітичне рішення задачі про визначення теплового поля в грунтовому напівпросторі, обумовлене змінним в часі точковим джерелом тепла;

- з використанням принципу суперпозиції ці результати використано для визначення температурного поля в основі U - образного колектору грунтового насосу;

- вперше розроблено фізичну модель, що дає змогу розрахувати температурні поля в основах теплових насосів під час врахування фазових переходів порової рідини (тобто її заморожування–розморожування).

- вперше отримано рішення фундаментальної задачі про деформований стан грунтової основи, в якій розташовано точкове джерело тиску;

- з використанням принципу суперпозиції ці результати узагальнено на випадок замерзлої області у вигляді циліндру та призми;

- розроблено фізичну модель основи, яка залежно від розташування колектора грунтового теплового насоса в основі або фундаменті дає змогу врахувати у розрахунках на додаткові осідання основ фундаментів такі чинники:

– температурні поля в грунтовій основі;
– деформації здимання при заморожуванні основи;
– деформації при розморожуванні основи.

У роботі є й інші, менш вагомі, ознаки новизни отриманих результатів, відзначені автором, але саме сукупність наведених вище основних положень становить необхідну й достатню базу, що дозволяє зробити висновок, що сформульовані завдання вирішені, а поставлена в роботі мета досягнута.

3. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації, їх достовірність

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується

– відповідністю розроблених теоретичних положень фундаментальним законам механіки суцільних середовищ;

– відповідністю розроблених автором дисертації теоретичних положень законам та принципам сучасних геотехнічної, гірничої механіки та механіки ґрунтів;

– достатнім обсягом достовірних експериментальних результатів, отриманих під час випробування залізобетонних елементів конструкцій;

– високою збіжністю (до 95 %) результатів прогнозування розрахунковим методом з фактичними результатами руйнування елементів бетонних фундаментів, суміщених з частинами колекторів теплових насосів;

- тим, що отримані в роботі результати мають достатню відповідність сучасним уявленням про деформування та руйнування ґрунтових основ та бетонних зразків під впливом циклічного замерзання та розмерзання.

4. Наукове і практичне значення роботи

Наукове значення роботи відповідає поставленім в роботі науковим задачам та детально розкрите в авторефераті і дисертації та полягає у встановленні нових закономірностей розвитку геомеханічних процесів, що супроводжують деформування і руйнування ґрунтових основ та бетонних зразків під впливом циклічного замерзання та розмерзання.

Практичне значення роботи полягає у розробленні принципів розрахунку і проектування суміщених основ і фундаментів теплових насосів, зокрема:

1. Запропоновано методику визначення теплових полів, зумовлених взаємодією колекторів ґрунтових теплових насосів і ґрунтових основ.

2. В межах схеми роздільного розрахунку розроблено методику розрахунку додаткових деформацій основ, у яких розміщено колектори ґрунтових теплових насосів, зумовлених фазовими переходами у випадку заморожування-розморожування ґрунту під час роботи теплових насосів.

3. Запропоновано методику визначення несучої здатності ґрунту основи, в якій розміщено колектори теплових ґрунтових насосів, у межах схеми роздільного розрахунку.

4. Запропоновано методику визначення несучої здатності ґрунту основи, в якій розміщено колектори теплових ґрунтових насосів, у межах схеми спільного розрахунку.

5. Розроблено практичні рекомендації із розрахунку і проектування основ і фундаментів, в тілі яких розміщено колектори теплових ґрунтових насосів.

5. Зауваження до роботи:

1. В ході аналізу літературних джерел автору дисертації слід було більш детально проаналізувати роботи, присвячені повзучості мерзлого ґрунту та льоду, зокрема таких авторів, як Ю. К. Зарецький, С. Е. Городецький, Р. В. Максимяк, Ю. С. Міренбург та Є.І. Шушеріна.

Також слід було відмітити роботи професора І. Я. Лучковського, який, зокрема, розробив модифікацію розглянутого у дисертації методу кутових точок (ця модифікація має назву методу центральних точок).

2. В роботі дуже ретельно освітлено проблему розрахунку деформацій основи, обумовлених морозним здиманням і дуже зверхньо – деформацій, обумовлених відтаюванням грунту.

3. При циклічному замерзанні та відтаюванні рідини в порах залізобетонних конструкцій відбувається не тільки зміна їх властивостей, а й змінюється напружено – деформований стан. В роботі цю проблему освітлено фрагментарно.

4. На наш погляд, рекомендований автором алгоритм урахування фізичної нелинійності основи при розрахунку температурних полів треба було проілюструвати більш детальним розрахунком.

5. Отримане дисертантом рішення задачі про сезонний розподіл температурного поля в грунтовій основі відрізняється від відомого рішення одномірної задачі про розподіл температури лише граничними умовами. На наш погляд, в цьому випадку слід було вести річ про застосування відомого рішення задачі до нових граничних умов.

6. В рефераті слід було більш детально освітлити зміст шостого розділу, зокрема отримані в ході виконання сумісного розрахунку дані.

7. Роботу перевантажено математичними формулами.

8. Отримана у третьому розділі емпірична залежність температури денної поверхні основи від часу має застосування лише на інтервалі часу від одного до дванадцяти місяців. Однак, експлуатація будівель і споруд продовжується десятки і сотні років.

9. При руйнуванні бетону та грунту суттєво проявляються їх нелінійні властивості, однак в роботі Б. В. Моркляника враховано, в основному лінійні залежності між деформаціями та напруженнями.

10. Високонапірна цементація має на грунт практично той самий вплив, що й замерзання деякого об'єму порової рідини. Тому дисертанту слід було звернути увагу на роботи таких авторів, як С.Д. Воронкевич, А. Камбефор, Х. Клаус і М. І. Нікітенко.

6. Рекомендації з подальшого використання результатів досліджень

Розробки та рекомендації автора мають реальне впровадження в будівельну практику, а саме:

1. Під час вирішення проблеми економії невідновлюваних енергоресурсів у межах обласної програми Львівської обласної ради «Енергозбережні технології в будівництві».

2. Розроблена Б.В. Моркляником методика також була застосована Міністерством Мінрегіонрозвитку України для вирішення таких питань:

2.1. Визначення температурних полів на основі колекторів теплових насосів;

2.2 Визначення властивостей бетону й ґрунту під час циклічного заморожування – розморожування ґрунту;

2.3. Визначення напружено-деформованого стану системи «ґрунтовий колектор теплового насоса – основа – фундаменти – надфундаментна конструкція».

Надалі напрацьований Б.В. Моркляником матеріал слід застосовувати при розробці Державних будівельних норм розрахунку основ та фундаментів. що знаходяться у зоні впливу колектору теплового насосу.

Важливим напрямком подальшої реалізації наукових та практичних результатів дисертації є їх впровадження у навчальному процесі Національного гірничого університету при підготовці фахівців, в тому числі магістрів, за спеціальністями «Шахтне та підземне будівництво» та «Цивільне та промислове будівництво».

7. Загальні висновки

1. Дисертаційна робота Моркляника Б.В. вирішує актуальну науково-технічну проблему розробки наукових принципів розрахунку напружено-деформованого стану геомеханічної системи «фундамент-ґрунтовий масив» в зоні дії колектора теплового насоса на підставі вперше встановлених закономірностей її деформування, що дає змогу обґрунтованого впровадження енергоощадних технологій за рахунок використання низькопотенційного тепла тепловими насосами.

2. Наукові результати дисертації мають новизну в частині подальшого розвитку теоретичних положень про механізм деформування геомеханічної системи «фундамент-ґрунтовий масив» у зоні дії колектора теплового насосу.

3. Практичні результати мають новизну, як принципи і положення розрахунку і проектування суміщених основ і фундаментів теплових насосів у вигляді відповідних методик та рекомендацій. Крім того, вони підтверджують економічну ефективність від впровадження та перспективу в подальшій їх реалізації, що дозволить отримати значну економію, зокрема природного газу для опалення промислових та цивільних будівель.

4. Дисертаційна робота написана грамотно, з використанням сучасної наукової і технічної термінології, достатньо наповнена ілюстративним матеріалом та відповідними таблицями.

5. Робота, є завершеним науковим дослідженням, опубліковані автором наукові статті повністю розкривають зміст дисертації і результати виконаних досліджень. Основні положення роботи широко повідомлені на конференціях, симпозіумах, семінарах різного рівня, в тому числі на багатьох міжнародних форумах.

6. Автореферат відповідає змісту дисертації і розкриває основні наукові та практичні результати, які наведені в ній.

7. Дисертація відповідає діючим вимогам, що ставляться до докторських дисертацій, в тому числі вимогам п. 10 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України, а також паспорту спеціальності 05.15.09 – "Геотехнічна і гірнича механіка".

За встановлення нових закономірностей деформування геомеханічної системи «фундамент-грунтовий масив» у зоні дії колектора теплового насосу та розробку наукових принципів розрахунку її напружено-деформованого стану, що дозволяє впроваджувати в Україні енергоощадні технології за рахунок експлуатації теплових насосів, **Моркляник Богдан Васильович** заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук.

Офіційний опонент,
завідувач кафедри,
«Тунелі, основи та фундаменти»
Дніпропетровського національного
Університету залізничного транспорту
ім.
Академіка В. Лазаряна
Докт. Техн. наук, професор

Особистий підпис
В.Д. Петренко
засвідчую
Нач. загального відділу Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна
09 12 2015 р.

Відгук отримано 9.12.2015 р.
Вчений секретар /О.В. Солодкий/