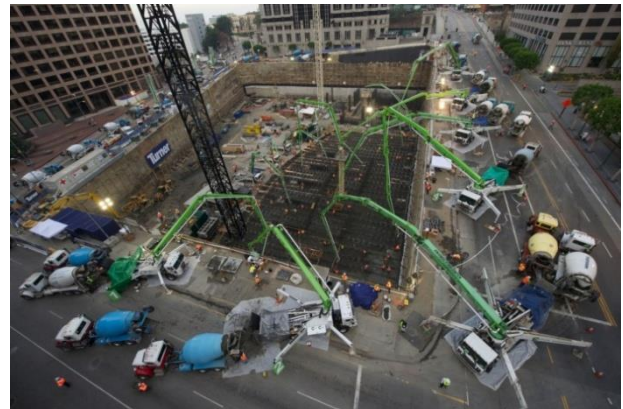


Котляр М. І., Маловажна О. Р.,*Харківський національний університет будівництва та архітектури***Помазан М. Д.***Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова***ЗМЕНШЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ЗВЕДЕННЯ ФУНДАМЕНТНИХ ПЛИТ**

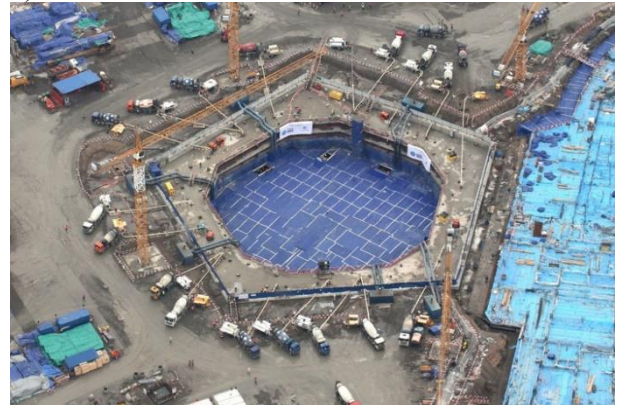
Актуальність. В містах України висотні будівлі виконують переважно у монолітному бетоні. Виробіток на бетонних роботах протягом останніх років складає 0,5–0,8 м³/люд.-зм. При цьому значна частина витрачених ресурсів припадає на зведення підземних частин будинків, так наприклад, трудомісткість таких робіт становить 30–40 % від загальної трудомісткості зведення будівлі, а в особливо складних виробничих умовах до 50 %.

Найбільшого поширення у якості фундаментів висотних будинків набули фундаментні плити на природній або пальної основі. Технологія зведення фундаментних плит, яка склалася в будівельному виробництві України – це розроблені методи ще з часів Радянського Союзу і, на сьогоднішній день, вони не в повній мірі відповідають можливостям сучасних машин, механізмів і технологій. Як правило, використовують розбивку фундаменту на блоки бетонування, що і формує значну тривалість робіт. А збільшення часу виконання робіт приносить масу незручностей, особливо коли будівництво відбувається в центральній частині міста і перешкоджає руху транспорту. Тому метою статті є визначення організаційно-технологічних рішень, які забезпечують мінімальну тривалість зведення монолітних фундаментних плит.

Результати дослідження. Відомо, що розбивка фундаментної плити на окремі захватки та блоки бетонування приведе до зниження її несучої здатності, тому в сучасних технологіях зведення монолітних фундаментів висотних будинків використовується неперервне бетонування. Крім того, це дозволяє зменшити тривалість зведення фундаментних плит. Розглянемо декілька прикладів використання цього методу у сучасному будівництві (рис. 1).



а)



б)

Рис. 1. Бетонування монолітної плити а) в Лос-Анджелесі; б) у Санкт-Петербурзі

В центрі міста Лос-Анджелесу зведена фундаментна плита об'ємом 16208 м³ за 18,5 годин. Для подачі і укладання бетонної суміші було залучено 19 стаціонарних бетононасосів, 12 автобетононасосів, дві гідравлічні розподільчі стріли та 2 стаціонарних бетононасоси. Для транспортування бетонної суміші було задіяно 227 автобетонозмішувачів, які зробили 2100 рейсів.

Метод безперервного бетонування також використовувався в Санкт-Петербурзі (Російська Федерація) при зведенні нижньої плити коробчастого фундаменту висотної будівлі «Лахта Центр» [1]. За 49 годин в основі башти було укладено 19624 кубометра бетонної суміші. Використовувались комплекти автобетонозмішувачів

із 18 бетононасосів, які подавали суміш з 54 точок бетонування. Для забезпечення безперервної роботи ведучих машин працювало 13 бетонних заводів. Було зроблено 2500 рейсів крупних автобетоновозів. Використовувався самоущільний бетон класу В60. Нижня плита армувалася горизонтальними сітками розміщеними у 15 рівнях. Інтересно відмити, що арматурні роботи виконувалися два місяця, а бетонні дві доби.

Технологія зведення фундаментів¹, як і інших конструкцій, повинна бути заснована на потоковій організації робіт, яка дозволяє скоротити тривалість зведення конструкцій, підвищити їх якість за рахунок спеціалізації окремих потоків і застосування комплексної механізації. Ефективним також є впровадження інноваційних рішень, пов'язаних зі скороченням трудомісткості арматурних робіт, наприклад через використання рулонного армування.

¹ В Україні відомий досвід зведення масивних фундаментів будівель з використанням різних методів і засобів подачі бетонної суміші до місця укладання. Однак, за відсутності їх чіткої класифікації, а також враховуючи нестачу інформації про можливості та області раціонального застосування достатньо складною є задача проектування швидкісного виконання робіт по зведенню масивних фундаментів висотних будівель. За відсутності ефективних методів вибору оптимальних способів подачі бетонної суміші, максимально враховуючих підвищену концентрацію комплектів машин і механізмів, всю сукупність впливу зовнішніх і внутрішніх факторів при бетонуванні конструкцій значно зростає мотивація подальшого вдосконалення організаційно-технологічних рішень, розробки відповідних методів з оптимізації технологій виконання робіт. У зв'язку з цим потребують вирішення питання забезпечення комплексної механізації бетонування фундаментів висотних будівель, удосконалення організаційно-технологічних рішень зведення підземних частин будівель, здатних забезпечувати інтенсивне і ресурсозберігаюче виконання будівельно-монтажних робіт в складних умовах міської забудови.

² Пливу в плані поділяють на блоки, розміри яких повинні забезпечувати зменшення шкідливого впливу усадочних деформацій, що виникають при твердінні бетонної суміші. Організація таких

Загальним технічним завданням при бетонуванні масивних фундаментів, різних за обсягом і формою, є вибір оптимального розділення на блоки бетонування² і порядку проведення робіт. Технологія ведення робіт приймається залежно від можливої інтенсивності подачі бетонної суміші, застосованого вібраційного устаткування, ступеня армування конструкції, кліматичних умов, термонапруженого стану конструкції та інших факторів.

В роботі [2] відмічається, що при збільшенні температури бетонної суміші збільшується максимальна температура всередині фундаментної плити та зменшується час її досягнення. Видимо тому при бетонуванні монолітної плити (товщина 5,5 м) насосної станції в Саудівській Аравії з метою зменшення температури бетонної суміші додавали колотий лід та охолоджену воду [3]. В цій же роботі вказано,

блоків не передбачає розділення по арматурі і забезпечується по контуру плити розбірно-переставною опалубкою і металевією сіткою, а у середині плити винятково сіткою, яку в'язальним дротом закріплюють до робочої арматури плити. Бетонування плити виконують на всю висоту по блокам у шаховому порядку через один.

Новий блок фундаменту можна бетонувати після набору бетоном в суміжному блоці міцності не менше 1,5 МПа. Ефективне зчеплення «старого» і «нового» бетону забезпечують очищуючи контактну поверхню блока від цементної плівки і після цього вкриваючи його цементним розчином товщиною 2-3 см. Бетонну суміш у кожний блок укладають горизонтальними шарами з товщиною від 30 до 40 см і ущільнюють глибинними вібраторами. Бетонну поверхню плити вирівнюють і загладжують, а в місцях розташування стін, колон і стовпів її залишають шорсткуватою.

При зведенні фундаментів з організацією технологічних перерв кількість, розмір і форма блоків бетонування повинні бути такими, щоб максимально знизити шкідливий вплив температурних деформацій, які виникають при тужавінні бетонної суміші.

Розмір блоків визначають виходячи з урахування радіуса дії прийнятих засобів подачі бетонної суміші та інтенсивності її укладання, товщини шару і проміжку часу до перекриття раніше укладеного шару бетонної суміші.

що при зведенні плити було накладено обмеження на час доставки бетону в 60 хвилин. Крім того, в плиту було встановлено температурні датчики та замірялась температура кожні 30 хвилин (рис. 2). Пик температури в 68 0C приходить на п'яту

добу після бетонування, а максимальний перепад температур в 25 0C між середньою та верхньою поверхнями плити було досягнуто на третю добу після бетонування плити [3].

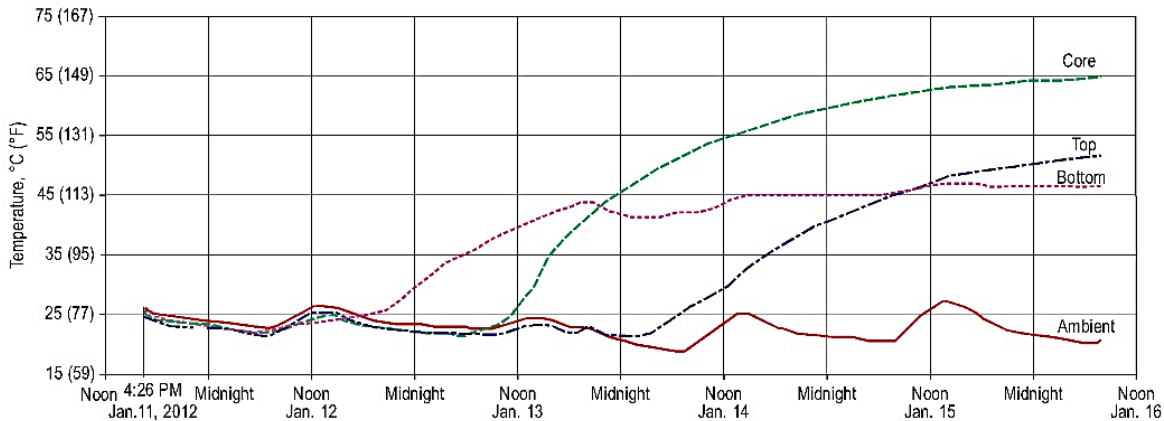


Рис. 2. Динаміка зміни температури в фундаментній плиті [3]

Різниця температур між ядром та поверхнею фундаментної плити може привести к її розтріскуванню, для запобігання цього, наприклад, при зведенні фундаменту башт Петронас в Куала-Лумпурі верхня поверхня плити була ізольована за допомогою листів пінополістиролу товщиною 50 мм [4].

В роботі [5] розглянуті причини та характер тріщиноутворення³ на ранніх стадіях твердіння бетону. Для запобігання тріщиноутворення використовують: оптимальний склад бетонної суміші, охолодження бетону до або після бетонування, бетонування по блокам, використання ізо-

ляції. Найбільш часто мінімізують негативні теплові ефекти в масивних конструкціях шляхом відповідного підбору складу бетонної суміші, що в основному пов'язано з використанням цементів з низьким тепловиділенням та мінімізацією кількості цементу. В цілому, основні фактори тріщиноутворення це максимальна температура (до 65 0C) та максимальна різниця температур (до 15-20 0C) по перерізу масивної конструкції [5]. Тривалість зведення фундаментної плити висотної будівлі в значній мірі залежить від способу⁴ транспортування і подачі⁵ бетонної суміші в опалубочну форму.

³ На тріщиноутворення впливають наступні фактори: швидкість тепловиділення, загальна кількість тепла, теплоємність, теплопровідність; умови під час бетонування та набору міцності, наприклад, початкова температура бетону, вид опалубки, використання теплоізоляції або труби охолодження; технологія бетонування; умови навколишнього середовища, такі як, температура повітря і сусідніх елементів, вітер, вологість; розміри та геометричні параметри конструкції [5].

⁴ Аналіз можливих варіантів організації робочих місць бетоноукладальних машин та механізмів показує, що в практиці зведення підземної частини висотних будівель використовують закріплення стінок котлованів, наприклад, методом «стіна в

грунті», шпунтовим кріпленням тощо. Бетоноукладальні комплекси, в залежності від розмірів котловану, можуть розташовуватись як за зоною призми обвалення, так і на підшві котловану. Таким чином, при зведенні підземних конструкцій бетонна суміш може подаватись: мобільними стріловими кранами за допомогою бадей, стрічковими конвеєрами, бетоноукладачами, пневмонагнітачами і бетононасосами.

⁵ Для вибору раціонального комплексу машин необхідно проаналізувати техніко-економічні показники різної інтенсивності укладання бетону для наведених комплектів машин. А в основу методики вибору оптимальних рішень бетонування фунда-

Прийнята інтенсивність бетонних робіт взаємопов'язана з оптимальним розміщенням замовлень на товарний бетон, транспортуванням його до об'єкту з необхідними характеристиками⁶.

Слід відзначити, що прийоми укладання бетонної суміші повинні виключати її розшарування. Приведемо, наприклад, щодо цього рекомендації Нової Зеландії та Австралії (рис. 3) [6].

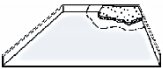

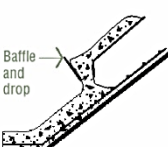
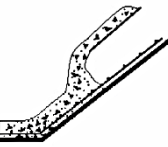
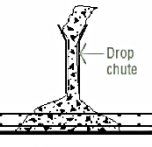
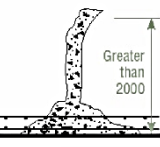
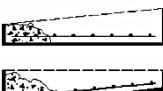

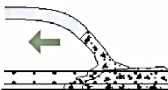

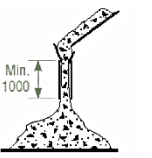
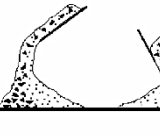
Правильно	Неправильно	Правильно	Неправильно	Правильно	Неправильно
 <p>CORRECT Commence placing at one corner of the formwork</p>	 <p>INCORRECT Random placing can result in segregation and make it more difficult to achieve correct levels</p>	 <p>Baffle and drop CORRECT If placing on a sloping surface with a chute, always use a baffle and drop at the end of the chute</p>	 <p>INCORRECT The velocity from a free-end chute tends to carry the concrete down the slope, separating the aggregate, which goes to the bottom of the slope</p>	 <p>Drop chute CORRECT Use a drop chute if concrete has to fall more than two metres</p>	 <p>Greater than 2000 INCORRECT Allowing concrete to free-fall more than two metres can displace reinforcement, damage formwork and cause concrete to segregate</p>
 <p>CORRECT If either the final surface or the soffit is sloping, commence placing at the lowest point</p>	 <p>INCORRECT Placing commenced from the highest point makes it more difficult to achieve correct levels and can lead to segregation as the concrete tends to settle down the slope</p>	 <p>CORRECT Regardless of the distribution method, always deposit concrete into the face of that already placed</p>	 <p>INCORRECT Depositing concrete away from the face of that already placed can cause poor intermixing and segregation</p>	 <p>Min. 1000 CORRECT Discharge concrete through a drop chute</p>	 <p>INCORRECT Lack of end control causes segregation, a baffle merely changes the direction of the segregation</p>

Рис. 3. Рекомендації по укладенню бетонної суміші [6]

В залежності від прийнятих засобів подачі суміші в опалубку призначаються межі допустимої і оптимальної рухливості бетонної суміші яка доставляється на об'єкт. При замовленні марки бетонної суміші по рухливості прийнято, що бетонна суміш повинна зберігати необхідну консистенцію не тільки на період її транспортування до об'єкту, а й при подачі і її укладанні в опалубку. Виконання такої умови дозволяє забезпечити монолітність між укладеними шарами бетону однієї захватки та своєчасний початок твердіння бетону і набір проектної міцності.

Для забезпечення необхідної величини рухливості використовують для бетонів добавки – модифікатори (прискорювачі і уповільнювачі початку тужавіння цементу). Так наприклад, використання добавки Sika Retarder забезпечує уповільнення початку тужавіння бетону від 3 до 24 годин. Можливість регулювання терміну початку тужавіння дозволяє збільшити розміри захваток, або зводити фундамент по одно захватній системі без організації технологічної перерви.

Висновки. Таким чином, зменшити тривалість зведення фундаментних плит

менту доцільно покласти принцип мінімізації витрат для можливих комплектів бетоноукладальних машин та визначення раціональної (достатньої) кількості транспортних засобів. Для рішення цієї задачі необхідно дослідити вплив на техніко-економічні показники інтенсивності подачі бетонної суміші можливими комплектами бетоноукладальних комплектів. Підбір обслуговуючих ведучі машини транспортних засобів та їх кількість потребує врахування логістики транспортування бетонної суміші.

⁶ Забезпечення необхідних характеристик суміші в процесі транспортування і укладання її в опалубку визначає якість зведеного фундаменту. Порушення правил перевезення, подачі і укладання суміші може привести до зміни однорідності і розшарування бетону. Технічні обмеження інтенсивності укладання бетонної суміші бетоноукладальних комплектів викликають необхідність розбивки фундаменту на блоки бетонування з улаштуванням робочих швів, що збільшує вартість і трудомісткість робіт.

можливо шляхом використання раціональних рішень по армуванню та бетонуванню конструкції. Застосування безперервного бетонування фундаментних плит потребує враховувати такі фактори як: інтенсивність подачі бетонної суміші, прийняте вібраційне устаткування, ступень армування конструкції, кліматичні умови, термонапружений стан конструкції, склад бетонної суміші та логістика її доставки на будівельний майданчик, послідовність та прийоми укладання бетонної суміші, догляд за бетоном.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Лахта центр. – Режим доступа: <http://www.proektvlahte.ru/ru/>
2. Vigantas Žiogas, Svajūnas Juočiūnas. Continuity concreting technology of massive

foundation slab on piles.
http://leidykla.vgtu.lt/conferences/MBM_2007/2pdf/Ziogas_Juočiūnas.pdf

3. Moncef L. Nehdi, K. Al Shareef, and H. Kamil Algoneid. Mitigation of Thermal Cracking in Massive Foundations / Concrete international, July 2014. – p. 38–44.
4. Kribanandan Gurusamy Naidu. The petronas tower: the world's tallest building / CPAC SEMINAR 95 «Modern Technology in concrete construction» Sept. 1995, Bangkok, Thailand
5. Barbara Klemczak, Agnieszka Knoppikwróbel. Early age thermal and shrinkage cracks in concrete structures – description of the problem / Architecture Civil Engineering Environment. The Silesian University of Technology No. 2/2011/ - p. 35–47.
6. New Zealand Guide to Concrete Construction. Second Revised edition 2010.

УДК 699.86

Гаєвой Ю.О., Раківненко Д.В., Полторацька О.М.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

ОСОБЛИВОСТІ УЛАШТУВАННЯ АКТИВНОГО ЗОВНІШНЬОГО УТЕПЛЕННЯ

Питання енергозбереження актуальне і є одним з найважливіших - як для України, так і для всього світу в цілому. Ефективне і раціональне споживання енергоресурсів, впровадження енергоефективних, екологічно чистих технологій є темою, до якої звертаються і приділяють їй значну увагу. Крім того, вартість енергії за останні кілька років значно зростає.

Стандартами енергоефективної будівлі (технологія пасивного будинку) в Україні передбачені високий опір теплопередачі огорожуючих елементів, механічна вентиляція з рекуперацією тепла, висока герметичність будинку, використання сонячної енергії для опалення та інше.

В пасивному будинку може застосовуватися технологія активного зовнішнього утеплення. Це комплексна система, яка виконує три основних функції: збереження тепла, ефективно і економне опалення взимку, охолодження в спекотні періоди (рис. 1).



Рис. 1. Система активного зовнішнього утеплення

В системі активного зовнішнього утеплення тепло одержується від низько потенційного джерела, від якого передають тепло циркулюючому теплоносію в радіаторні системи каналів, розташованих в стіні. Зовнішню стіну формують у вигляді комплексної каркасної структури, яку обладнують щонайменше однією теплообмінною композиційною радіаторною сис-