Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>
Russian journal of transport engineering

2018, №4, Том 5 / 2018, No 4, Vol 5 <https://t-s.today/issue-4-2018.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/03SATS418.pdf>

DOI: 10.15862/03SATS418 (<http://dx.doi.org/10.15862/03SATS418>)

Статья поступила в редакцию 03.08.2018; опубликована 21.09.2018

Ссылка для цитирования этой статьи:

Пронозин Я.А., Волосюк Д.В. Определение продолжительности устройства комбинированного фундамента // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №4, <https://t-s.today/PDF/03SATS418.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/03SATS418

For citation:

Prnozina Ya.A., Volosyuk D.V. (2018). Identification of duration construction of combined foundation. *Russian journal of transport engineering*, [online] 4(5). Available at: <https://t-s.today/PDF/03SATS418.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/03SATS418

УДК 624.05:624.1

ГРНТИ 67.13.31

Пронозин Яков Александрович

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Проректор по научной и инновационной деятельности
Доктор технических наук, доцент
E-mail: pronozinja@tyuiu.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=415568

Волосюк Денис Викторович

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Младший научный сотрудник
E-mail: Volosyuk_dv@mail.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=780038

Определение продолжительности устройства комбинированного фундамента

Аннотация. В статье рассматривается метод определения продолжительности устройства комбинированного фундамента, возводимого в несколько этапов. Основные этапы включают устройство строительных конструкций и регулирование напряженно-деформированного состояния грунтового основания, выполняемого путем его опрессовки. Опрессовка выполняется в процессе строительства здания. На примере построения линейного графика приведена взаимная увязка работ каждого этапа в процессе строительства здания. Представлена возможность варьирования временных параметров сетевой модели в зависимости от параметров технологических процессов опрессовки. Между поздним и ранним началами работ возникает общий резерв времени, входящий в состав технологического перерыва.

Авторами представлены эмпирические данные определения фактической продолжительности бетонирования ростверков комбинированных фундаментов. Исследование временных параметров технологических процессов основывалось на таких методах наблюдения как хронометраж, фотохронометраж и видео- и фотофиксация. Выполнение измерений выполнялось в период строительства жилого комплекса «Соседи» в Тюмени. В объем исследований входило исследование затрат труда бригады, состоящей из семи рабочих-

бетонщиков. Исследуемый технологический процесс бетонирования последовательно включал в себя прием и направление бетонной смеси, укладку, разравнивание и уплотнение смеси, выравнивание и заглаживание поверхности ростверка.

На основании полученных данных выявлены зависимости средней продолжительности бетонных работ от объема бетонной смеси, укладываемой в ячейки (оболочки). Выполнено сравнение продолжительностей работ на обоих фундаментах. Выявлены фактические трудозатраты и установлены нормы времени работ, позволяющие с достаточной точностью организовывать бетонные работы при составлении календарных планов в рамках разработки проектов производства работ.

Настоящая статья выполнена в рамках диссертационного исследования соавтора Волосюка Д.В.

Ключевые слова: бетонные работы; продолжительность работ; ростверк; оболочка; фундамент; трудозатраты; хронометраж; состав бригады; норма времени; календарный график

Введение

Одним из эффективных способов выполнения комбинированных фундаментов, позволяющих создавать «наведенное» напряженно-деформированное состояние (далее – НДС) в грунтовом массиве при строительстве, является использование *комбинированного ленточного свайного фундамента с опрессовкой основания* (далее – КЛСФ). Область рационального применения КЛСФ охватывает многоэтажные здания до 15-35 этажей при среднем давлении на основание до 450 кПа [1, 2]. Настоящая статья выполнена в рамках диссертационного исследования соавтора Волосюка Д.В.

Новизна предлагаемых решений обуславливает появление ряда вопросов, связанных с технологией и организацией устройства КЛСФ. Ряд технологических вопросов возведения фундамента рассмотрен в работах Кима Б.Г., Пронозина Я.А., Степанова М.А. [1-3]. Определение продолжительности устройства комбинированных фундаментов носит важное значение для разработки такой организационно-технологической документации как проект организации строительства (ПОС), проект производства работ (ППР), технологические карты (ТК) [4].

Укрупненная технологическая последовательность устройства фундамента состоит из двух этапов (рисунк 1) [5].

1 – плита-ростверк переменной жесткости; 2 – ленточные ростверки; 3 – сваи; 4 – щебеночная подушка; 5 – инъекторы; 6 – оболочка; 7 – грунтовое основание; 8 – герметичная эластичная мембрана; 9 – уплотненное грунтовое основание; 10 – стены и колонны

Рисунок 1. Разработанная автором схема пролетной части КЛСФ до и после опрессовки

На *первом этапе* погружаются сваи, выполняется ростверк и надфундаментные конструкции подвального этажа – для формирования совместно с фундаментом и плитой перекрытия подвала жесткой коробчатой конструкции. Состав технологических процессов первого этапа включает земляные и свайные работы, арматурные, опалубочные и бетонные работы – и производить их рационально поточным методом с технологической увязкой строительных процессов [5].

На *втором этапе* выполняется регулирование НДС основания путем его опрессовки, которая заключается в нагнетании в щебеночную подушку цементного раствора [5]. Регулирование НДС направлено на повышение горизонтальных напряжений в грунте, и соответственно на снижение деформируемости основания [6]. Состав технологических процессов второго этапа включает подготовительные работы – подготовка инъекционного оборудования и складирование компонентов растворной смеси, а также работы по нагнетанию раствора.

Методы исследований

Общая продолжительность устройства фундамента состоит из суммы частных продолжительностей определенного вида работ, технологических перерывов, простоев [7]. Таким образом общую продолжительность работ $T_{общая}$ по устройству КЛСФ можно найти как:

$$T_{общая} = T_{констр.фунд.} + T_{констр.подв.} + t_{пер} + T_{опрессовки} \quad (1)$$

где $T_{констр.фунд.}$ – продолжительность возведения КЛСФ, включая свайные работы; $T_{констр.подв.}$ – продолжительность устройства подвальной части; $t_{пер}$ – продолжительность организационного технологического перерыва; $T_{опрессовки}$ – продолжительность работ по опрессовке основания.

Продолжительность работ в линейного графика представлена на рисунке 2.

Рисунок 2. Разработанный автором календарный график работ по устройству КЛСФ и опрессовке основания

Между первым и вторым этапами возникает технологический перерыв $t_{пер}$, продолжительность которого будет определяться таким параметром как период опрессовки $T_{опр}^i$, где i – передаваемое на момент опрессовки давление на основание [2].

В период строительства жилого комплекса «Соседи» в Тюмени при бетонировании ростверка КЛСФ выполнялась фиксация продолжительности выполнения процессов, основанная на таких методах наблюдения как хронометраж, фотохронометраж и видео- и фотофиксация. Применение указанных методов наблюдений обосновывалось необходимостью определения фактической продолжительности процессов бетонирования.

В качестве измерительной аппаратуры применялся секундомер, все измерения округлялись до одной минуты. Видео и фотофиксация выполнялась при помощи цифрового фотоаппарата Canon EOS. Все измерения и фиксация выполнялись в процессе бетонирования без вмешательства в технологический процесс. Начало измерений – начало бетонирования, окончание измерений – завершение заглаживания поверхности бетона и укрытие фундамента поливинилхлоридной пленкой для защиты от атмосферных воздействий.

Результаты исследования

Бетонирование ростверков КЛСФ под каждое из зданий выполнялось в вечернее и ночное время при искусственном освещении. Транспортирование бетонной смеси от завода-изготовителя до строительной площадки выполнялось в автобетоносмесителях, подача смеси к месту укладки выполнялась автобетононасосом (далее – АБН) Schwing S43SX с горизонтальным вылетом стрелы до 38,1 м, расположенном в уровне дневной поверхности.

В объем исследований не входило исследование затрат труда и состава работ машинистов (водителей-операторов) автобетононасоса и автобетоносмесителей, обеспечивающих доставку и подачу бетонной смеси [7-10]. Работы по бетонированию ростверка КЛСФ выполнялись бригадой из 7 человек (таблица 1).

Таблица 1

Состав бригады при выполнении бетонирования ростверков КЛСФ

№ звена	Профессия	Разряд	Количество, чел.	Выполняемые технологические операции
1	Бетонщик	2 р.	1	Приемка бетонной смеси из транспортных средств, спуск и направление смеси по хоботам
		4 р.	2	Разравнивание, укладка смеси в фундамент
2	Бетонщик	3 р.	2	Уплотнение, укладка смеси в ростверк
		4 р.	2	Укладка смеси на наклонные плоскости Разравнивание, заглаживание поверхности бетона

Составлено автором

Технологический процесс бетонирования последовательно включал в себя следующие операции:

- прием и направление бетонной смеси через хобот стрелы АБН;
- укладка и разравнивание бетонной смеси;
- уплотнение бетонной смеси глубинными вибраторами;
- выравнивание и заглаживание поверхности ростверка.

Результаты натурных измерений приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты фиксации продолжительности процессов

Объект	Жилой комплекс «Соседи», г. Тюмень	
Здание	ГП-1.2	ГП-1.1
Период выполнения работ	16.03.2014 г.	27.03.2014 г.
Объем бетона ростверка, м ³	463	
Объем бетона оболочек, м ³	60	
Объем бетона лент, м ³	403	
Автобетононасос (АБН)	Schwing S43SX	
Количество рабочих в бригаде ($N_{\text{чел}}$), чел	7	7
Продолжительность бетонирования ячеек (оболочек), мин	246 (4 ч 06 мин)	209 (3 ч 29 мин)
Продолжительность бетонирования ленточной части, мин	434 (7 ч 14 мин)	401 (6 ч 41 мин)
Общее время бетонирования ($T_{\text{бет}}$), мин	680 (11 ч 20 мин)	610 (10 ч 10 мин)
Достигнутая интенсивность бетонирования, м ³ /ч	40,8	45,5
Фактическая норма времени ($N_{\text{вр.факт}}$), ч/100м ³	2,45	2,2

Составлено автором

Порядок бетонирования был принят согласно разработанному авторами ППР и представлен на рисунке 5.

Рисунок 5. План ростверка КЛСФ и порядок бетонирования КЛСФ (разработано автором)

Графики продолжительности бетонирования ячеек (оболочек) с учетом их площади представлены на рисунке 6. Нумерация ячеек (оболочек) принята согласно рисунку 5.

Рисунок 6. Составленные автором графики продолжительности бетонирования отдельных ячеек (оболочек) на ГП-1.2 (а) и ГП-1.1 (б)

Как видно из графиков, представленных на рисунке 6, в обоих случаях наблюдается значительная неоднородность зафиксированных измерений продолжительности процесса. В большей мере указанный эффект проявился для фундамента ГП-1.2, выполняемого первым. Для фундамента ГП-1.1, выполняемого вторым график продолжительности носит «зеркальный» относительно вертикальной оси характер.

Обсуждение

На основании полученных данных получены графики зависимостей средней продолжительности бетонных работ от объема бетонной смеси, укладываемой в ячейки (оболочки) (рисунок 7). Для наглядности графики совмещены с прямой средней площади бетонирования.

Рисунок 7. Составленный автором график зависимости фактической продолжительности работ по бетонированию ячеек (оболочек) от объема укладываемой бетонной смеси

Монолитные работы на обоих КЛСФ выполнялись одной бригадой, имеющей постоянный количественный и квалификационный состав. Как видно из графика (рисунок 7) фактические продолжительности бетонирования ячеек (оболочек) на ГП-1.1 и ГП-1.2 при объеме смеси до 1,5 м³ различаются в диапазоне 6÷12 %, при объеме смеси 1,8÷4,0 м³

различаются в диапазоне 9-20 %. При этом бетонирование оболочек на втором фундаменте (ГП-1.1) в целом было выполнено на 15 % (37 минут) быстрее. Это следует объяснять самообучением бригады, меньшим количеством лишних и повторяющихся операций, своевременной подготовкой и базированием инструментов [9-12].

Также следует отметить, что, согласно графикам, при невысоком объеме укладываемой смеси до $1,8 \text{ м}^3$, когда площадь ячейки составляет от $3,5$ до $9,9 \text{ м}^2$, не наблюдается существенного снижения трудозатрат и продолжительности работ. Это объясняется «стесненными» условиями выполнения технологических операций, включающих разравнивание и уплотнение смеси, заглаживание поверхности бетона, требующее смены «гладилок» на более узкие и т. п.

Оба графика с достаточной степенью достоверности могут быть описаны полиномиальной функцией второй степени, величина достоверности аппроксимации $R^2 \geq 0,87$. Полученные аппроксимирующие зависимости приведены на графике, представленном на рисунке 7.

Согласно таблице 2 общая продолжительность бетонных работ для ГП-1.1 составила 680 мин (11 ч 20 мин), что на 10 % меньше аналогичной величины для ГП-1.2 равной 610 мин (10 ч 10 мин). При этом на ГП-1.1 бетонирование ростверков и оболочек выполнено быстрее на 8 % и 15 % соответственно. В обоих случаях при объеме раствора оболочек 60 м^3 и ленточной части 403 м^3 бетонирование заняло 35 % и 65 % соответственно от общего времени.

Для нахождения трудозатрат ($TЗ$) бетонщиков решим обратную задачу составления калькуляции трудовых затрат. Зная общее зафиксированное время бетонирования ($T_{бет}$) и численный состав бригады ($N_{чел}$) определим трудозатраты по формуле:

$$TЗ = T_{бет} \times N_{чел} = 680 \text{ мин} \times 7 \text{ чел} = 4760 \text{ чел-мин} = 79,3 \text{ чел-час} \quad (2)$$

Таким образом, при выполнении бетонирования КЛСФ с применением автобетононасоса, располагаемого на одной стоянке и обеспечиваемого бетоном заводской готовности, величину трудозатрат рабочих-бетонщиков следует принимать равной $TЗ = 79,3 \text{ чел-час}$. При этом, если бригада имела ранее опыт аналогичных работ следует снижать указанную выше величину на 10 % и более.

Заключение

При составе бригады, включающем 7 рабочих (таблица 1), фактические нормы времени бетонирования на ГП-1.2 и ГП-1.1 составили $N_{вр.факт} = 2,45 \text{ ч}/100 \text{ м}^3$ и $N_{вр.факт} = 2,2 \text{ ч}/100 \text{ м}^3$, что в пересчете на одного рабочего составляет не менее $N_{вр.факт} = 15,4 \text{ чел-час}/100 \text{ м}^3$.

Выявленные трудозатраты и нормы времени с достаточной точностью позволяют организовывать бетонные работы при составлении календарных планов. В общем случае указанные величины следует уточнять в зависимости от технической вооруженности подрядной организации и опыта работ в конкретных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пронозин Я.А., Степанов М.А. Экспериментальное обоснование использования ленточных свайных фундаментов с предварительно напряженным грунтовым основанием. Вестник ПНИПУ Строительство и архитектура №2, 2014. Сборник материалов Всероссийской конференции с международным участием «Фундаменты глубокого заложения и проблемы освоения подземного пространства». – Пермь: издательство ПНИПУ, 2014. – С. 180-189.
2. Пронозин Я.А. Регулирование напряженно-деформированного состояния основания комбинированных ленточно-свайных фундаментов / Я.А. Пронозин, М.А. Степанов, Д.В. Волосюк // Основания, фундаменты, механика грунтов. 2016. №3. С. 16-20.
3. Степанов, М.А. Взаимодействие комбинированных ленточных свайных фундаментов с предварительно опрессованным грунтовым основанием: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02. – Тюмень, 2015. – 189 с.
4. Олейник П.П., Бродский В.И. Основные требования к составу и содержанию проекта производства работ. Технология и организация строительного производства. №3 (4), 2013. с. 35-38.
5. Волосюк Д.В. Организация механизированных работ по устройству комбинированных фундаментов с регулируемым напряженно-деформированным состоянием грунтового основания // Механизация строительства. 2018. №2 (884). С. 14-19.
6. Петрухин, В.П. Новые способы геотехнического проектирования и строительства: Научное издание / В.П. Петрухин, О.А. Шулятьев, О.А. Мозгачева. – М.: Издательство АСВ, 2015. – 224 с.
7. Ширшиков, Б.Ф. Организация, планирование и управление строительством: Учебник для вузов. – М.: Издательство АСВ, 2012. – 528 с.
8. Чахкиев, И.М. Оптимизация трудовых ресурсов при обосновании директивных сроков строительства уникальных объектов: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08 / СПб., 2015. – 170 с.
9. Alireza Ahmadian Fard Fini, Taha H. Rashidi. Incorporating Multiskilling and Learning in the Optimization of Crew Composition. Journal of Construction Engineering and Management 142(5), 2015.
10. Min Liu and Glenn Ballard. Improving Labor Productivity through Production Control. Proceedings for the 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Planning and Control. 2008. p. 657-666.
11. Laura Floreza, Jean C. Cortissoz. Defining a mathematical function for labor productivity in masonry construction: A case study. Procedia Engineering, 164 (2016). p. 42-48.
12. AbouRizk, S., Knowles, P., & Hermann, U.R. (2001). Estimating labor production rates for industrial construction activities. Journal of Construction Engineering and Management, 127(6), p. 502-511.

Pronozin Iakov Aleksandrovich

Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: pronozinja@tyuiu.ru

Volosiuk Denis Viktorovich

Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: Volosyuk_dv@mail.ru

Identification of duration construction of combined foundation

Abstract. The method for determining the duration of a combined foundation device, which is constructed in several stages, is considered in the article. The main stages include the construction of structures and the regulation of the stress-strain state of the soil base, which is carried out by pressing it. Pressurization is carried out during the construction of the building. On an example of construction of the linear schedule the mutual coordination of works of each stage during building of a building is resulted. The possibility of varying the time parameters of the network model is presented depending on the parameters of the crimping process. Between the late and early beginnings of work there is a common time reserve, which is part of the technological break.

The authors present empirical data on the actual duration of concreting of grillage of combined foundations. The study of time parameters of technological processes was based on such methods of observation as timekeeping, photo-timing and video and photo-fixation. The measurements were carried out during the construction of the residential complex "Neighbors" in Tyumen. The scope of research included the study of labor costs of the team, consisting of seven concrete workers. The investigated technological process of concreting consistently included the reception and direction of the concrete mix, laying, leveling and compacting the mixture, smoothing and smoothing the grillage surface.

Based on the data obtained, the dependencies of the average duration of concrete work on the volume of the concrete mix laid in the cells (shells) are revealed. The comparison of work durations on both foundations is made. Actual work is determined and work time standards are established, allowing to organize concrete works with sufficient precision when drawing up calendar plans within the framework of working out of projects for the production of works.

This article is made in the framework of the dissertation research by co-author Volosiuk D.V.

Keywords: concrete works; duration of work; grillage; shell; foundation; labor costs; timekeeping; brigade composition; time norm; calendar schedule

REFERENCES

1. Pronozin Ia.A., Stepanov M.A. (2014). Experimental substantiation of the use of band pile foundations with a prestressed ground base. *Herald of PIPU Construction and architecture*, 2, pp. 180-189. (in Russian).
2. Pronozin Ia.A., Stepanov M.A., Volosiuk D.V. (2016). Regulation of the stress-strain state of the base of combined belt-pile foundations. *Bases, foundations, soil mechanics*, 3, pp. 16-20. (in Russian).
3. Stepanov M.A. (2015). Vzaimodeistvie kombinirovannykh lentochnykh svainykh fundamentov s predvaritelno opressovannym gruntovym osnovaniem. [*Interaction of combined belt pile foundations with a pre-pressurized ground base.*] Tyumen, p. 189.
4. Oleinik P.P., Brodskii V.I. (2013). Basic requirements for the composition and content of the project for the production of works. *Technology and organization of construction*, 3(4), pp. 35-38. (in Russian).
5. Volosiuk D.V. (2018). Organization of mechanized works on the construction of combined foundations with an adjustable stress-strain state of the ground base. *Mechanization of construction*, 2(884), pp. 14-19. (in Russian).
6. Petrukhin V.P., Shuliatev O.A., Mozgacheva O.A. (2015). Novye sposoby geotekhnicheskogo proektirovaniia i stroitelstva: Nauchnoe izdanie. [*New ways of geotechnical design and construction: Scientific edition.*] Moscow: ASV Publishing House, p. 224.
7. Shirshikov B.F. (2012). Organizatsiia, planirovanie i upravlenie stroitelstvom: Uchebnik dlia vuzov. [*Organization, Planning and Construction Management: A Textbook for Universities.*] Moscow: ASV Publishing House, p. 528.
8. Chakhkiev I.M. (2015). Optimizatsiia trudovykh resursov pri obosnovanii direktivnykh srokov stroitelstva unikalnykh obiektov. [*Optimization of labor resources in justifying the directive dates for the construction of unique facilities.*] Saint Petersburg, p. 170.
9. Alireza Ahmadian Fard Fini, Taha H. Rashidi (2015). Incorporating Multiskilling and Learning in the Optimization of Crew Composition. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(5).
10. Min Liu, Glenn Ballard (2008). Improving Labor Productivity through Production Control. *Proceedings for the 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Planning and Control*, pp. 657-666.
11. Laura Floreza, Jean C. Cortisoz (2016). Defining a mathematical function for labor productivity in masonry construction: A case study. *Procedia Engineering*, 164, pp. 42-48.
12. AbouRizk S., Knowles P., Hermann U.R. (2001). Estimating labor production rates for industrial construction activities. *Journal of Construction Engineering and Management*, 127(6), pp. 502-511.