Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal https://esj.today

2023, Том 15, № 6 / 2023, Vol. 15, Iss. 6 https://esj.today/issue-6-2023.html

URL статьи: https://esj.today/PDF/49SAVN623.pdf

2.1.7. Технология и организация строительства (технические науки)

2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:
Верстов, В. В. Обоснование эффективных технологических параметров способа извлечения грунта ленточными конвейерами в стесненных условиях / В. В. Верстов, А. Н. Гайдо, Р. В. Лесовик, Т. Н. Ильина // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 6. — URL: https://esj.today/PDF/49SAVN623.pdf

For citation:
Verstov V.V., Gaido A.N., Lesovik R.V., Ilina T.N. Justification of methods for technological parameters of soil extraction using belt conveyors. *The Eurasian Scientific Journal*. 2023; 15(6): 49SAVN623. Available at: https://esj.today/PDF/49SAVN623.pdf. (In Russ., abstract in Eng.)

Авторы выражают благодарность за консультации при подготовке настоящей статьи профессору, д.т.н. Мангушеву Р.А. и заведующему кафедры геотехники ФГБОУ ВО «СПбГАСУ» Осокину А.И.

УДК 624.156.8

Верстов Владимир Владимирович
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»,
Санкт-Петербург, Россия
Профессор консультант кафедры «Технологии строительного производства»
Доктор технических наук, профессор
E-mail: gaidoan@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=287563

Гайдо Антон Николаевич
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»,
Санкт-Петербург, Россия
Заведующий кафедры «Технологии строительного производства»
Доктор технических наук, доцент
E-mail: gaidoan@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=293546

Лесовик Руслан Валерьевич
ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова», Белгород, Россия
Профессор кафедры «Строительного материаловедения, изделий и конструкций»
Доктор технических наук, профессор
E-mail: ruslan_lesovik@mail.ru

Ильина Татьяна Николаевна
ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова», Белгород, Россия
Профессор кафедры «Теплогазоснабжения и вентиляции»
Доктор технических наук, профессор
E-mail: ilina50@rambler.ru

Обоснование эффективных технологических параметров способа извлечения грунта ленточными конвейерами в стесненных условиях

Аннотация. Рассмотрены современные методы обоснования жизненного цикла объектов строительства на этапе их возведения. Одним из путей сокращения затрат на этом этапе является выбор эффективных методов производства работ, отвечающих критериям минимальных затрат, сокращения стоимости и сроков выполнения работ. При возведении заглубленных сооружений применяют различные технологии извлечения грунта. Автором обоснована эффективность использования ленточных конвейеров для указанных целей. Их применяют при возведении подземных сооружений методом «сверху-вниз» и погружении опускного колодца при последовательной установке нескольких ленточных конвейеров по восходящей спиральной траектории, по которой грунт экскаватором подается с забоя на поверхность грунта. По мере заглубления конструкций производят установку последующих секций конвейеров.

Однако при работе в геологических разрезах с неоднородным напластованием грунтов при их извлечении наблюдают эффект проскальзывания извлекаемых грунтов по транспортной ленте, что приводит к снижению производительности работ, а в некоторых случаях и обвалу грунтов с ленты. В этой связи авторами предложена новая технология, при которой угол наклона лент конвейеров изменяют в зависимости от характеристик перемещаемых грунтов. Такие характеристики могут менять в зависимости от неоднородных свойств геологического разреза в интервале погружения возводимого сооружения. Технический результат нововведений заключается в исключении проскальзывания грунтов при их транспортировании и повышении производительности технологического процесса извлечения грунтов из полости опускного колодца или подземных этажей при строительстве заглубленных сооружений способом сверху вниз. Приведены математические зависимости для определения технологических параметров извлечения грунта.

Ключевые слова: фундаменты; подземные сооружения; опускной колодец; способ Top Down; ленточный конвейер; наклон лент; земляные работы; транспортирование грунта; эффективность; производительность

Введение

Для эффективного управления жизненные циклом объектов капитального строительства на этапе их возведения применяют энергоэффективных и инновационные технологий [1]. Это позволяет сократить трудозатраты и стоимость работ, обеспечить надлежащее качество строительной продукции [2; 3]. Для этого выполняют технико-экономический анализ, на основании результатов которого выбирают эффективные технологии, адаптированные к конкретным условиям строительных площадок. При возведении подземных сооружений различного назначения необходимо особое внимание уделять вопросам выбора способов производства земляных работ в стесненных условиях [4; 5]. Однако выбор технологий разработки и транспортирования грунта становиться довольно сложной задачей, не позволяющей применить традиционные схемы разработки грунта высокопроизводительными экскаваторами в отвал или в автотранспорт [6]. Не редко для удаления грунта из котлованов применяют ленточные конвейеры, например, при возведении подземной части зданий и сооружений методом сверху вниз (top down или декельный метод). По этой технологии подземные этажи возводят с уровня поверхности грунта в следующей последовательности (рис. 1) [7; 8]:

- выполняют ограждения подземной части методом стена в грунте;
- устраивают перекрытие первого этажа по грунту с технологическими окнами, как правило в месте расположения лестнично-лифтовых узлов, инженерных коммуникаций и т. п. [9; 10];

- в пределах подземных этажей грунт разрабатывают мини экскаваторами и удаляют по ленточным конвейерам через технологические окна (рис. 1);
- далее описанные технологические операции повторяют до достижения уровня плиты последнего подземного этажа.

а)

б)

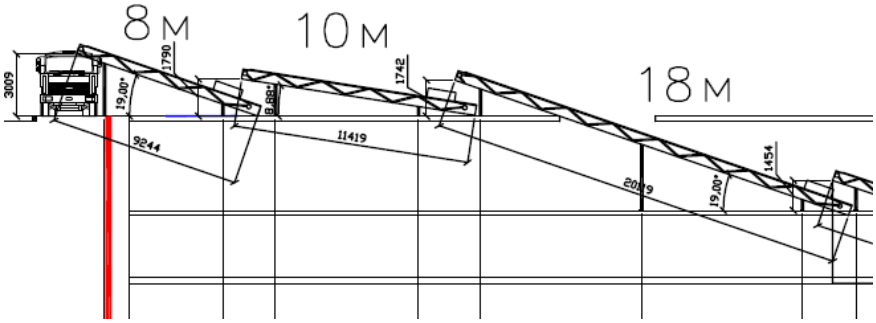


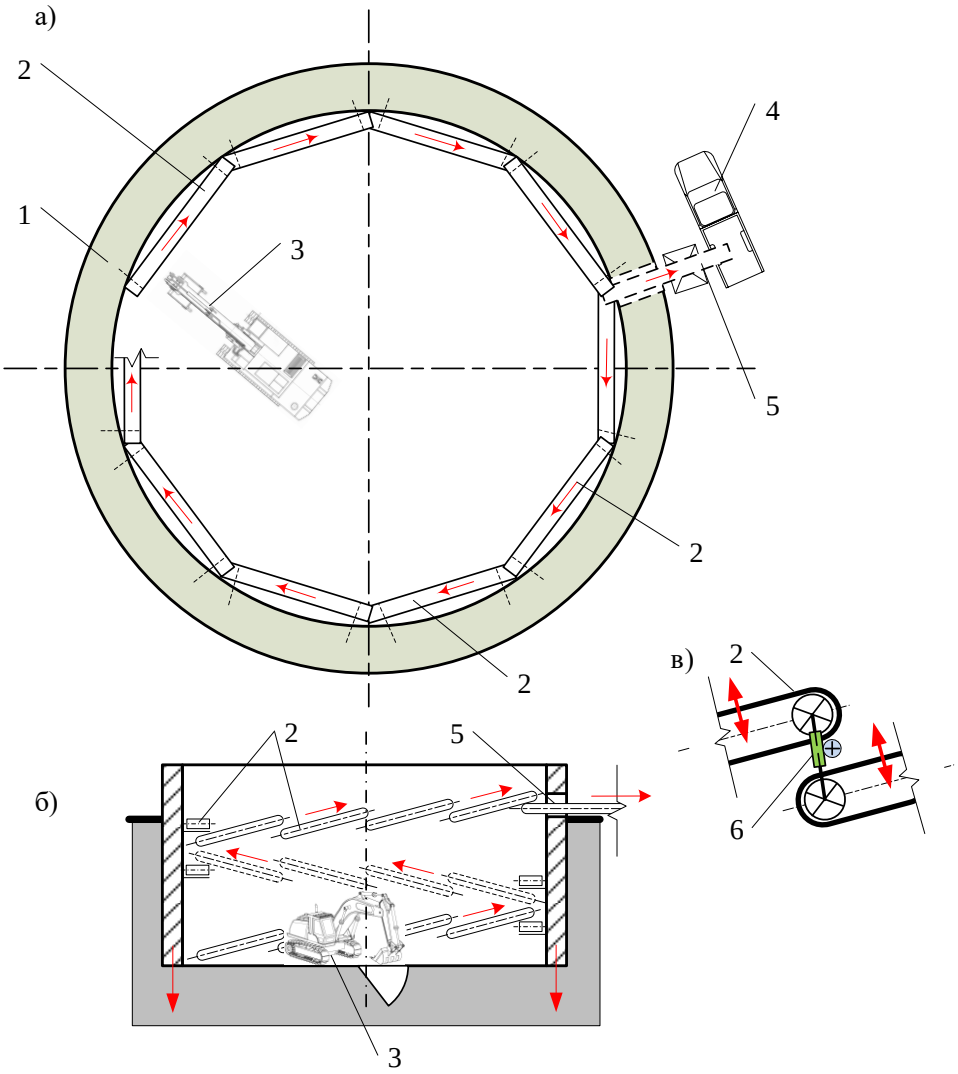
Рисунок 1. *Этап удаления грунта по ленточным конвейерам при устройстве подземных конструкций торгового центра по адресу Санкт-Петербург, Невский проспект, д. 114–116: а — погрузка грунта мини экскаватором на конвейер; б — схема установки конвейеров [11]*

Применение ленточных конвейеров при реализации метода «сверху вниз» на многочисленных объектах позволило выполнить удаление грунта на поверхность грунта в тех случаях, где применение традиционного комплекта механизации не является технически возможным ввиду пространственных ограничений в виде выполненных монолитных перекрытий подземных этажей [12; 13].

В дополнении к описанному авторы разработали способ погружения опускного колодца диаметром свыше 20 м и глубин погружения свыше 20–30 м с применением ленточных конвейеров для удаления из его полости грунта [14]. Он позволяет осуществлять управление жизненным циклом объекта капитального строительства в условиях ограничения технологических ресурсов.

Грунт на забое удаляется при его подаче экскаваторами на систему ленточных конвейеров, которые предварительно устанавливают по восходящей винтовой цилиндрической внутренней поверхности колодца (рис. 2). На уровне поверхности грунта необходимо выполнить приемную эстакаду, которую перемещают по мере погружения колодца в направлении установки наклонных конвейеров.

Предлагаемая авторами технология для погружения колодца в монолитном исполнении реализуется следующим образом.



1 — стена опускного колодца; 2 — наклонные ленточные конвейеры; 3 — экскаватор на забое; 4 — автосамосвал при вывозе грунта на поверхности; 5 — горизонтальный конвейер на верхнем торце колодца; 6 — электромеханический цилиндр, создающий наклон лент конвейера

Рисунок 2. *Технологическая схема погружения опускного колодца: а — план-схема организации работ; б — поперечный разрез (ножевая часть колодца условно не показана); в — узел соединения лент смежных конвейеров (составлено авторами)*

В первую очередь монтируют стартовый конвейер на уровне поверхности грунта, в который будет выполняться выгрузка грунта экскаватором. При этом раму конвейера, на которой установлены основные его компоненты (транспортная лента, мотор редуктор, приводной натяжной барабаны, мотор-редуктор и роликоопоры) крепят на стенах опускного колодца через консольные опоры посредством химических анкеров. При необходимости для удобства погрузки грунта на ленту конвейера над ним устанавливают приемный бункер. Таким образом, по восходящей винтовой траектории последовательно на внутренней стенке колодца крепят ленточные конвейеры вплоть до достижения уровня его верхнего торца. Причем, каждая последующая крайняя поверхность ленты в месте установки приводного барабана должна находиться под краем ранее установленной лентой конвейера в месте установки натяжительного барабана. Этим обеспечивается перемещение грунта с одной ленты на другую и его восходящее перемещение до уровня выгрузки на поверхности грунта (рис. 2).

Вся система последовательно движущихся лент конвейеров будет транспортировать грунт до уровня верхнего торца колодца, в котором устанавливают узел удаления грунта за пределы внутренней полости колодца и его погрузки в автотранспорт на вывоз для последующей утилизации. По завершению работ все конвейеры демонтируют с подмостей или навесных люлек, установленных в пределах высоты конструкции.

Из представленного выше материалы следует практически важный вывод о необходимости на этапе обоснования жизненного цикла объектов капитального строительства разработки методических основ использования ленточных конвейеров для транспортирования грунта в стесненных условиях, в том числе и при погружении опускных колодцев.

Методы

При производстве грунтов в геологических разрез с неоднородным напластованием водонасыщенных грунтов описанные способ применения конвейеров имеет следующий недостаток. Ленты конвейеров устанавливаются без возможности регулирования угла их наклона, а при транспортировании грунта с различными физическими свойствами будет меняться их угол трения о ленту конвейера. При транспортировании грунтов с разнородными показателями при постоянном наклоне лент будет происходить проскальзывание водонасыщенных грунтов относительно них. В результате с забоя не будет удалятся грунт с заданной производительностью, что приведет к непредвиденным технологическим перерывам. Наибольший негативный эффект от проскальзывания грунта возникает при последовательной установки нескольких конвейеров [15; 16].

Так, с учетом требования нормативных документов СП 37.13330.2012 «Промышленный транспорт» и пособия по проектированию конвейерного транспорта (к СНиП 2.05.07-85) рекомендованы следующие значения допустимых углов наклона лент конвейеров в зависимости от характеристик перемещаемого грунта [17]:

- грунт (земля) влажный (насыпная плотность 1,6–2,0 т/м³; значения угла естественного откоса 35–45°) — 22°;
- грунт сухой (то же 1,1–1,6 т/м³; 35–45°) — 18°;
- щебень сухой (то же 1,5–1,8 т/м³; 35–45°) — 18°;
- песок при влажности до 20 % (то же 1,5–1,6 т/м³; 25–30°) — 14°;
- то же при влажности до 5 % (то же 1,5–1,6 т/м³; 35–45°) — 18–20°.

Анализ представленных значений позволяет заключить, что угол наклона конвейера определяется характеристиками перемещаемого грунта. Причем большинство серийно выпускаемых конвейеров не позволяют менять угол наклона лет после их установки в рабочее положение и настраивать параметры транспортирования грунта в зависимости от характеристик извлекаемых из котлована грунтов.

Известны математические зависимости для определения значений производительность конвейера (Q) в зависимости от погонной нагрузки транспортируемого груза, значения которой измеряются в единицах объема ($q_{об}$, л/м), массы ($q_{гр}$, кг/м) или веса ($q_{в}$, н/м) и скорости движения ленты (V) [18; 19]:

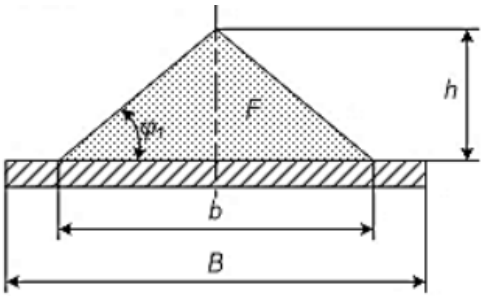
$$U = 3{,}6q_{об}\times V,\ м^3/ч, \quad (1)$$

$$Q = 3{,}6q_{гр}\times V,\ т/ч, \quad (2)$$

$$Q = 3{,}6q_{в}\times V,\ Н/м. \quad (3)$$

Анализ управлений 1–3 показывает, что производительность конвейера прямо пропорционально значениям скорости движения ленты и погонной массы транспортируемого груза. Значение скорости движения ленты величина постоянная и определяется техническими характеристиками конвейера в соответствии с ГОСТ 22644-77. Эти значения должны соответствовать следующим величинам: 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3 м/с. При транспортировании грунта максимальные значения скоростей устанавливают в зависимости от его консистенции в пределах следующих значений: мелкокусковой, зернистый — (2–2,5) м/с, средне- и крупнокусковой — (1,5–2) м/с, пылевидный, порошкообразный, легкий — (1–1,5) м/с [20; 21].

При выборе типа конвейера распределенная нагрузка от грунта определяется по следующей расчетной схема, приведенной на рисунке 3.



b — ширина призмы грунта; F — площадь сечения грунтовой призмы на ленте конвейера; h — высота призмы грунта; φ_1 — угол заложения откоса грунта

Рисунке 3. *Расчетная схема определения распределенной нагрузки от транспортируемого грунта на ленту конвейера шириной B*[1]

В расчетах рекомендуется значение угла заложения откоса транспортируемого грунта с учетом действующих на него динамических воздействий при транспортировании принимать как $\varphi_1 = 0{,}35\varphi$, где φ значения угла откоса грунта в природном состоянии. Ширина призмы грунта на ленте конвейере шириной *B* определяется выражением $b = 0{,}8B$.

С учетом этих упрощений погонная распределенная нагрузка от перемещаемого грунта плотностью $\gamma_{гр}$ на ленту конвейера определяется следующим выражением:

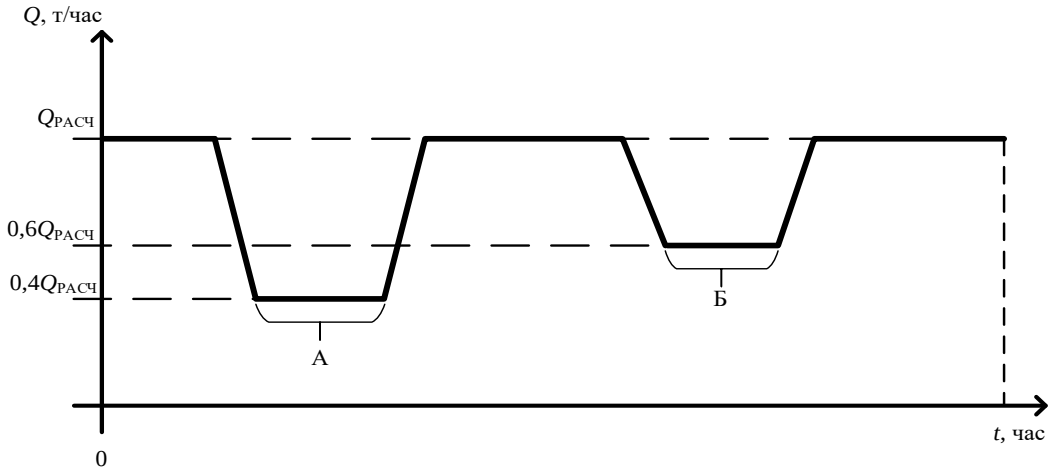
$$q_{гр} = 0{,}5h \times 0{,}8B \times \gamma_{гр} = 0{,}16B^2 \times \gamma_{гр} \times \mathrm{tg}(0{,}35\ \varphi). \quad (4)$$

Анализ выражения 4 позволяет сделать следующие практически важные выводы, что в расчетах по производительности конвейера принимается, что грунт равномерно распределяется по ленте конвейера. Неравномерное распределение, вызванное проскальзыванием грунта, приведет как к снижению производительности его извлечения, так и к возможному обвалу с ленты конвейера.

С учетом изложенного на рисунке 4 представлен график теоретического изменения производительности извлечении грунта в зависимости от режимов его транспортирования.

Графическая зависимость, представленная на рисунке 4, иллюстрирует эффект характерного снижения производительности ленточных конвейеров на участках А и Б при извлечении грунтов с характерными физическими свойствами, приводящими к их проскальзыванию относительно движущейся ленты конвейера. Ширина участков А и Б на графике будет определяется временем извлечения указанных грунтов.

[1] Проектирование и расчет ленточного конвейера: учебно-методическое пособие / С.Ф. Каменских, С.С. Осьмушин, В.В. Каржавин. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2020. 74 с. URL: http://elar.rsvpu.ru/978-5-8050-0695-2. Текст: электронный.



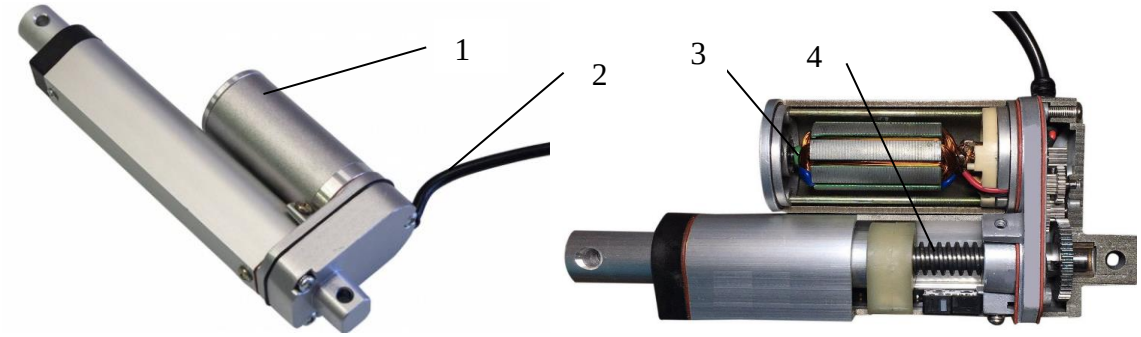
$Q_{РАСЧ}$ — расчетное значение производительности; t — время работы конвейера; А, Б — площадки с характерным снижением производительности вызванным перемещением разнородных грунтов, проскальзывающих по ленте конвейера при их извлечении

Рисунке 4. *График теоретического изменения производительности ленточных конвейеров Q (составлено авторами)*

Результаты

Для исключения указанного негативного эффекта авторы предлагают следующий способ извлечения грунта по ленточным конвейерам реализуемый посредством дистанционного регулирования угла наклона конвейеров в зависимости от значений коэффициента трения транспортируемого грунта по лентам. Это осуществляется посредством различных технических средств, например, в виде талрепов с электроприводом или электромеханических цилиндров, соединенных с рамой конвейеров, позволяющих с пульта оператора регулировать угол их наклона (рис. 2 в).

Электромеханический цилиндр представляет собой винтовой, штоковый привод, предназначенный для толкания или вытягивания механических элементов в нашем случае для подъема и опускания конвейера (рис. 5). Характеристика таких цилиндров, подходящих для описанных выше задач представлена в таблице 1 [URL: https://wiki.iarduino.ru/page/actuator-linear].



1 — корпус; 2 — электрический кабель; 3 — серво привод; 4 — выдвижной шток — винт, обеспечивающий изменение угла наклона лент конвейеров

Рисунок 5. *Общий вид и разрез электромеханического цилиндра*[2]

[2] Линейные актуаторы: руководство по использованию. URL: https://wiki.iarduino.ru/page/actuator-linear.

Таблица 1

Характеристики электромеханических цилиндров

Технологические параметры	Тип электромеханического цилиндра	
	Lemc 21	Lemc 30
Развиваемое осевое статическое усилие, кН	40	80
Максимальный ход штока, мм	600	822
Динамическая грузоподъемность, кН	54,3	106,3
Тип приводного винта, диаметр/шаг, мм	Ролико-винтовая передача: 21/5 — 10	Ролико-винтовая передача: 30/5 — 10
Тип привода	Двигатель переменного тока или серводвигатель	

Составлена автором на основе [2]

Обсуждение

Развитии предложенных технических решений авторы видят в проведении экспериментальных исследований в лабораторных или практических условиях, направленных на определение значений наклона лент конвейеров при транспортировании грунтов в зависимости от их характеристик. Такие значения позволят определять положение конвейеров, при которых будет исключен эффект проскальзывания грунтов по их лентам и тем самым обеспечить максимальную производительность при работе в стесненных условиях.

При извлечении грунтов в геологических разрезах с неоднородным напластованием грунтов при их извлечении наблюдают эффект проскальзывания извлекаемых грунтов по ленте конвейров, что приводит к снижению производительности работ, а в некоторых случаях и обвалу грунтов с ленты. В результате авторами предложена новая технология, при которой будет оперативно меняться угол наклона лент конвейеров при их работе в зависимости от характеристик перемещаемых грунтов. Для технической реализации предлагаемого способа предлагается при установке конвейеров их закреплять с электромеханическими цилиндрами, которые позволяют оперативно изменять угол наклона лент посредством удлинения их штоков в зависимости от характеристик свойств грунтов извлекаемых при производстве земляных работ. Цилиндры оснащены сервомоторами, которые позволяют с пульта оператора руководить процессом настройки и одновременного регулирования наклоном всех конвейеров, используемых в технологической цепи при извлечении грунта.

Технический результат указанных предложений заключается в исключении проскальзывания грунтов при их транспортировании и повышении производительности технологического процесса извлечения грунтов из полости опускного колодца или подземных этажей при строительстве заглубленных сооружений способом сверху вниз. Указанные методические подходы имеют практическую новизну при обосновании и выборе способов производства земляных работ в ходе управления жизненным циклом объектов капитального строительства в условиях ограничения технологических ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лосев, К.Ю. К методологии автоматизации жизненного цикла зданий и сооружений / К.Ю. Лосев, Ю.Г. Лосев // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14, № 1. — URL: https://esj.today/09savn122.html.
2. Лосев, Ю.Г. Предпосылки разработки технологий автоматизации жизненного цикла объектов строительства / Ю.Г. Лосев, К.Ю. Лосев // Жилищное строительство. — 2022. — № 5. — С. 33–43. — DOI 10.31659/0044-4472-2022-5-33-43. — EDN YOCOTA.

3. Экба, С.И. Выбор параметров организационно-технологических решении этапов жизненного цикла объектов жилищного строительства / С.И. Экба // Строительное производство. — 2021. — № 4. — С. 79–84. — DOI 10.54950/26585340_2021_4_12_79. — EDN PTPKPI.

4. Сафарян, Г.Б. Жизненный цикл объекта строительства как часть строительной системы / Г.Б. Сафарян // Строительное производство. — 2023. — № 2. — С. 62–65. — DOI 10.54950/26585340_2023_2_62. — EDN ZFDURO.

5. Трошин, А.С. Жизненный цикл наукоемкой продукции в сфере промышленного и гражданского строительства / А.С. Трошин, З.В. Столярова, Р.В. Лесовик // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15, № 3. URL: https://esj.today/PDF/70SAVN323.pdf.

6. Кодзоев, М.Б. Формирование оптимального состава и содержания проекта производства земляных работ / М.Б. Кодзоев, С.Д. Исаченко, А.Ю. Юргайтис // Технология и организация строительного производства. — 2018. — № 1. — С. 2–4. — EDN YKCNKQ.

7. Олейник, П.П. Система ограничений комплекта машин для земляных работ в условиях реновации городской застройки / П.П. Олейник, В.В. Ефимов // Строительное производство. — 2020. — № 4. — С. 58–62. — DOI 10.54950/26585340_2020_4_58. — EDN XDHOUG.

8. Бирюков, А.Н. Проблема выбора эффективных способов реконструкции исторических зданий, эксплуатируемых организациями Санкт-Петербургского гарнизона / А.Н. Бирюков, Ю.И. Тилинин // Коммунально-эксплуатационное обеспечение военной инфраструктуры: горизонты будущего: Сборник статей, Санкт-Петербург, 17 августа 2023 года. — Санкт-Петербург: Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования "Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева" Министерства обороны Российской Федерации, 2023. — С. 144–148. — EDN ASAKCI.

9. Мангушев, Р.А. Обеспечение сохранности зданий исторической застройки при освоении подземного пространства в городской среде / Р.А. Мангушев, А.И. Осокин, Ф.Н. Калач // Проектирование, строительство и эксплуатация подземных сооружений транспортного назначения: Сборник статей / Под редакцией М.О. Лебедева. — Москва: Издательство "Перо", 2021. — С. 184–194. — EDN RHAZEZ.

10. Mangushev, R.A. The experience of the underground construction for the complex of buildings on a soft soil in the center of St. Petersburg / R.A. Mangushev, A.I. Osokin // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. — 2020. — Vol. 16, No. 3. — P. 47–53. — DOI 10.22337/2587-9618-2020-16-3-47-53. — EDN VTNIQB.

11. Мангушев, Р.А. Геотехника Санкт-Петербурга / Р.А. Мангушев, А.И. Осокин; под ред. Р.А. Мангушева. — Москва: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2010. — 259 с. — ISBN 978-5-93093-771-8. — EDN QNPABT.

12. Олейник, П.П. Определение значимых параметров и факторов для подбора комплектов машин для земляных работ / П.П. Олейник, В.В. Ефимов // Строительное производство. — 2022. — № 2. — С. 42–45. — DOI 10.54950/26585340_2022_2_42. — EDN REGZFV.

13. Ефимов, В.В. Выявление значимости параметров необходимых для выбора оптимального комплекта машин для производства земляных работ в условиях городской застройки / В.В. Ефимов // Инженерный вестник Дона. — 2021. — № 7(79). — С. 320–328. — EDN XFNSHV.

14. Верстов, В.В. Совершенствование технологических схем и параметров извлечения грунта при погружении опускных колодцев / В.В. Верстов, А.Н. Гайдо, Я.А. Туркевич // Вестник гражданских инженеров. — 2018. — № 5(70). — С. 84–93. — DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-5-84-93. — EDN YQNTAD.

15. Лапидус, А.А. Выбор оптимальной глубины выработки грунта при инжненерно-геологических изысканиях в условиях технических рисков проектирования фундаментов строительных объектов / А.А. Лапидус, А.С. Пузырев, К.А. Назарова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2020. — № 10. — С. 207–214. — EDN BWFXVM.

16. Белов, Д.В. Анализ организационно-технологических решений при устройстве монолитных железобетонных опускных колодцев / Д.В. Белов, Г.В. Рукавцова // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. — 2020. — № 6(146). — С. 5–10. — EDN POPICW.

17. Экспериментальное исследование тяговой способности самоочищающихся барабанов шахтных ленточных конвейеров / В.Ю. Анцев, П.В. Витчук, Н.А. Витчук, Д.С. Федосеев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2022. — № 7. — С. 341–347. — DOI 10.24412/2071-6168-2022-7-341-348. — EDN VFUAKM.

18. Кочерженко, В.В. Исследование влияния технологии погружения оболочек опускных колодцев на их напряженно-деформированное состояние / В.В. Кочерженко, И.А. Погорелова // Вестник Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова. — 2017. — № 1. — С. 65–72. — DOI 10.12737/23929. — EDN XHLEIL.

19. Сулейманова, Л.А. Методика расчета продолжительности погружения опускных колодцев с учетом надежности технологических элементов / Л.А. Сулейманова, В.В. Кочерженко, И.А. Погорелова // Вестник Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова. — 2017. — № 10. — С. 69–72. — DOI 10.12737/article_59cd0c5ae50de9.76429176. — EDN ZOWEVD.

20. Ивкин, В.С. Влияние физико-механических свойств грунтов на работу машин для земляных работ / В.С. Ивкин, М.О. Алашеев // Вестник Ульяновского государственного технического университета. — 2015. — № 3(71). — С. 62–67. — EDN ULZBVL.

21. Олейник, П.П. Система ограничений комплекта машин для земляных работ в условиях реновации городской застройки / П.П. Олейник, В.В. Ефимов // Строительное производство. — 2020. — № 4. — С. 58–62. — DOI 10.54950/26585340_2020_4_58. — EDN XDHOUG.

Verstov Vladimir Vladimirovich
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia
E-mail: gaidoan@mail.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=287563

Gaido Anton Nikolaevich
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia
E-mail: gaidoan@mail.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=293546

Lesovik Ruslan Valerievich
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia
E-mail: ruslan_lesovik@mail.ru

Ilina Tatyana Nikolaevna
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia
E-mail: ilina50@rambler.ru

Justification of methods for technological parameters of soil extraction using belt conveyors

Abstract. Modern methods of substantiating the life cycle of construction objects at the stage of their construction are considered. One of the ways to reduce costs at this stage is to choose effective methods of work that meet the criteria of minimum costs, reducing the cost and timing of work. Various technologies of soil extraction are used in the construction of buried structures. The author substantiates the efficiency of using belt conveyors for these purposes. They are used in the construction of underground structures by the «top-down» method and the sinking of a sinkhole with the sequential installation of several conveyor belts along an ascending spiral trajectory along which the soil is fed by an excavator from the bottom to the ground surface. As the structures are buried, subsequent conveyor sections are installed.

However, when working in geological sections with heterogeneous stratification of soils during their extraction, the effect of slipping of the extracted soils along the transport belt is observed, which leads to a decrease in the productivity of work, and in some cases, the collapse of soils from the belt. In this regard, the authors have proposed a new technology in which the angle of inclination of conveyor belts is changed depending on the characteristics of the soils being moved. Such characteristics may change depending on the heterogeneous properties of the geological section in the immersion interval of the constructed structure. The technical result of the innovations is to eliminate the slippage of soils during their transportation and to increase the productivity of the technological process of extracting soils from the cavity of a sinkhole or underground floors during the construction of buried structures in a top-down way. Mathematical dependences for determining the technological parameters of soil extraction are given.

Keywords: foundations; underground structures; sinkhole; Top Down method; conveyor belt; belt tilt; earthworks; soil transportation; efficiency; productivity