

политики, повышения надежности и безопасности ГЭС ОАО «РусГидро». – [Электронный ресурс]. – URL: <http://rushydro.ru/file/main/global/press/school...pavodok> (дата обращения: 28.04.2021).

11. Словарь терминов водного хозяйства и гидротехники. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://slovar-vd.ru> (дата обращения: 18.04.2021).

12. СТО 70238424.27.140.003-2010. Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования. Дата введения 2010-09-30. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200093612> (дата обращения: 18.04.2021).

13. **Жезмер В.Б., Матвеев А.В.** Принципы обеспечения эффективной и безопасной работы ГТС гидромелиоративного комплекса // Мелиорация и водное хозяйство. – 2019. – № 2. – С. 5-12.

#### Критерии авторства

Жезмер В.Б., Щербаков А.О. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись.

Жезмер В.Б., Щербаков А.О. имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию: 12.05.2021 г.

Одобрена после рецензирования 05.06.2021 г.

Принята к публикации 28.06.2021 г.

[file/main/global/press/school...pavodok](http://file/main/global/press/school...pavodok) (дата обращения: 28.04.2021).

11. Slovar terminov vodnogo hozyajstva i gidrotehniki. – [Elektronny resurs]. – URL: <http://slovar-vd.ru> (дата обращения: 18.04.2021).

12. СТО 70238424.27.140.003-2010. Hidrotehnicheskie sooruzheniya GES i GAES. Organizatsiya ekspluatatsii i tehničeskogo obsluzhivaniya. Normy i trebovaniya. Data vvedeniya 2010-09-30. – [Elektronny resurs]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200093612> (дата обращения: 18.04.2021).

13. **Zhezmer V.B., Matveev A.V.** Printsipy obespecheniya effektivnoj i bezopasnoj raboty GTS gidromeliorativnogo kompleksa // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. – 2019. – № 2. – S. 5-12.

#### Criteria of authorship

Zhezmer V.B., Shcherbakov A.O. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript.

Zhezmer V.B., Shcherbakov A.O. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

#### Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 12.05.2021

Approved after reviewing 05.06.2021

Accepted for publication 28.06.2021

Оригинальная статья

УДК 502/504: 626.82:691.11:621.644:532.54

DOI: 10.26897/1997-6011-2021-3-88-94

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЗВИБРАЦИОННОГО МЕТОДА УКЛАДКИ БЕТОННОЙ СМЕСИ В ОБЛИЦОВКАХ КАНАЛОВ

**ЖАРНИЦКИЙ ВАЛЕРИЙ ЯКОВЛЕВИЧ**, д-р техн. наук, профессор

zharnitskiy@mail.ru

**КОРНИЕНКО ПАВЕЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ** ✉, заведующий лабораторией

kornienko.p.a@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская, 49. Россия

*Представлены результаты экспериментальных исследований, позволяющие корректировать технологические параметры укладки бетонной смеси в облицовке вновь возводимых или реконструируемых каналов водохозяйственного назначения. Исследования проводились на опытном стенде, имитирующем профиль канала, с переменным углом заложения откоса от 15° до 90°. Откос стенда покрыт условной*

моделью грунта в виде шероховатой поверхности. Для определения соотношения между скоростью движения виброформы, параметрами бетонной смеси, профилем канала и параметрами бетоноукладчика разработаны математические модели технологического процесса. Анализ полученных результатов показывает, что ускоряющие добавки значительно уменьшают продолжительность достижения бетоном критической прочности – уменьшают продолжительность выдерживания бетона под опалубкой. Изучение полученной поверхности облицовки на стенде показывает, что она содержит некоторые неровности ввиду отсутствия заглаживающей рейки. Поэтому в производственных условиях бетоноукладчики должны быть оборудованы заглаживающими устройствами, а бетонная смесь должна укладываться через специальный бункер, регулирующий высоту подачи бетонной смеси. Для устройства бетонных облицовок на подвижных бетонных смесях рекомендуется применять ускоряющие добавки или предварительный их разогрев до температуры 50...60°C.

**Ключевые слова:** гидротехнические конструкции, реконструкция каналов, бетонная смесь, откосы каналов, малоподвижные бетонные смеси, устойчивость свежесуложенной бетонной смеси

**Формат цитирования:** Жарницкий В.Я., Корниенко П.А. Экспериментальные исследования безвибрационного метода укладки бетонной смеси в облицовках каналов // Природообустройство. – 2021. – № 3. – С. 88-94. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-3-88-94.

© Жарницкий В.Я., Корниенко П.А., 2021

Scientific article

## EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE NON-VIBRATING METHOD OF LAYING CONCRETE MIXTURE IN CANAL CLADDING

**ZHARNITSKY VALERIY YAKOVLEVICH**, doctor of technical sciences, professor  
zharnitskiy@mail.ru

**KORNIENKO PAVEL ALEKSANDROVICH**<sup>✉</sup>, head of the laboratory  
kornienko.p.a@mail.ru

Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev; 127434, Moscow, Timiryazevskaya Str, 49. Russia

*The results of experimental studies are presented which make it possible to correct the technological parameters of laying the concrete mixture in the cladding of newly erected or reconstructed water supply canals. The studies were carried out on an experimental stand simulating the channel profile with a variable slope angle from 15° to 90°. The stand slope is covered with a conditional soil model in the form of a rough surface. To determine the relationship between the speed of the vibromold movement, the parameters of the concrete mixture, the profile of the canal and the parameters of the concrete paver, mathematical models of the technological process have been developed. The analysis of the obtained results shows that accelerating additives significantly reduce the duration of the concrete reaching its critical strength, in other words, it reduces the duration of the curing of the concrete under the formwork. The study of the obtained surface of the cladding on the stand shows that it contains some irregularities due to the absence of a smoothing strip. Therefore, under production conditions, concrete pavers must be equipped with smoothing devices, and the concrete mixture must be placed through a special hopper that regulates the height of the concrete mixture supply. For the construction of concrete linings on mobile concrete mixtures, it is recommended to use accelerating additives or their preliminary heating to a temperature of 50 ... 60°C.*

**Keywords:** hydraulic structures, canal reconstruction, concrete mixture, canal slopes, slow-moving concrete mixtures, stability of freshly laid concrete mixture

**Format of citation:** Zharnitsky V.Ya., Kornienko P.A. Experimental research of the non-vibrating method of laying concrete mixture in canal cladding // Prirodobustroystvo. – 2021. – № 3. – S. 88-94. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-3-88-94.

**Введение.** Технологические параметры укладки бетонной смеси в облицовку вновь возводимых или реконструируемых каналов в значительной степени зависят от принятых параметров самой бетонной смеси, которая стекает в процессе укладки по откосу канала.

Существующие бетоноукладочные комплексы рассчитаны в основном для устройства бетонных облицовок каналов из малоподвижных бетонных смесей с  $OK = 2...3$  см. Это серьезно затрудняет и усложняет технологию самой укладки и уплотнения бетонной смеси, так как в бетоноукладчиках для этой цели применяются громоздкие тяжелые вибраторы – виброрейки. Отечественный и зарубежный опыт свидетельствует о том, что укладка бетона в откосы канала осуществляется на подвижных бетонных смесях с  $OK > 9...10$  см. Поэтому для оптимизации технологических параметров по укладке бетонной смеси в облицовку канала требуется решение следующих вопросов:

- определение оптимального соотношения между начальными параметрами бетонной смеси (температура  $t_{б.с.}^н$ , вязкость  $h$ , подвижность  $OK$ ), углом заложения откоса канала  $\alpha$  и длиной опалубки виброформы  $l_{on}$ , обеспечивающими начальную устойчивость свежееуложенной бетонной смеси на откосах;
- определение соотношения между скоростью движения виброформы  $V$ , параметрами бетонной смеси, профилем (сечения) канала и параметрами бетоноукладчика;
- оценка влияния различных химических добавок на начальную устойчивость

свежееуложенной бетонной смеси на откосах каналов.

Уточнение параметров бетонной смеси и их экспериментальная проверка позволят объективно применять технологические требования к способам, и к средствам механизации укладки бетонной смеси на откосы каналов.

#### Материалы и методы исследований.

Для проведения экспериментальных исследований был разработан и изготовлен опытный стенд, имитирующий профиль канала трапецеидального и прямоугольного сечения. При этом угол заложения откоса изменялся при помощи шарнирно закрепленной с днищем задней стенки – от  $15^\circ$  до  $90^\circ$  (рис. 1). Дно и откос опытного канала были покрыты условной моделью – субстратом (смесь эпоксидной смолы и песка), имитирующим шероховатую поверхность грунта канала. Передняя стенка (верхняя скользящая опалубка) устроена с возможностью перемещения по роликам, имитируя движение виброформы. К этой стенке присоединялась прихвостовая секция длиной от 3 до 5 м. Перемещение передней стенки осуществлялось при помощи специальной лебедки, которая позволяла регулировать скорость ее движения. Укладывалась бетонная смесь через специальный бункер, находящийся в верхней части стенда, который имел накладные секции, регулирующие высоту подачи бетонной смеси. Толщина бетонной облицовки регулировалась при помощи поперечных перегородок и изменялась от 6 до 12 см.

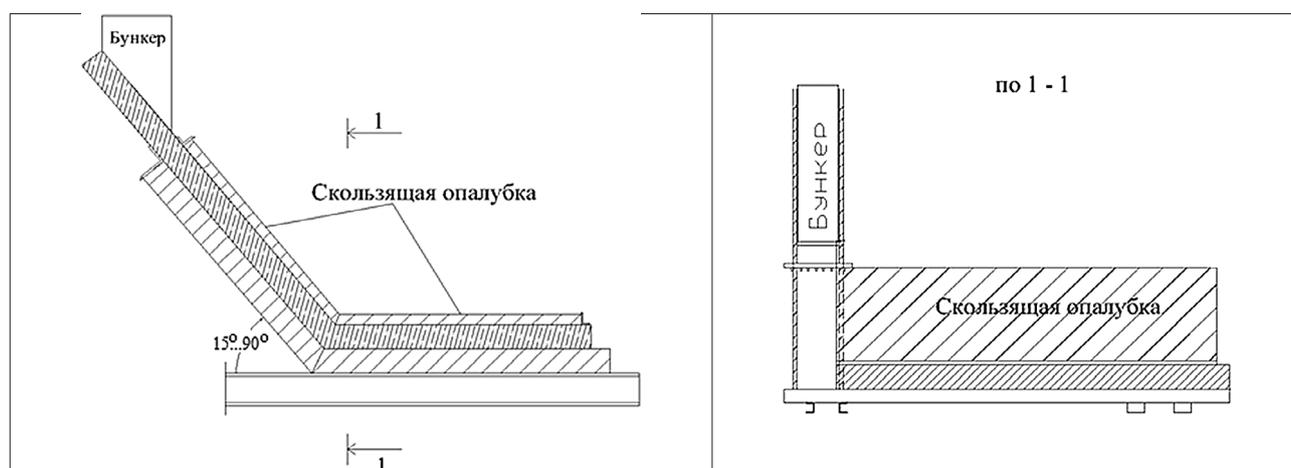


Рис. 1. Принципиальная схема опытного стенда

Fig. 1. The basic diagram of the experienced stand

С целью изучения вопросов начальной устойчивости свежееуложенной бетонной смеси (выпучивание) после снятия

передней стенки опытный стенд был оборудован специальной приборной рамкой, которая устанавливалась на поперечные

перегородки, а ее датчики – по поверхности свежеложенной бетонной смеси. Угол сопряжения между стенкой и дном выполнялся шарнирным, то есть задняя стенка вращается вокруг этого шарнира и меняет угол заложения откоса.

Длина бетонирующей части стенда составляла 80 см, ширина по дну – 40 см, то есть половина от полной ширины канала по верху, равной 80 см. Благодаря тому, что задняя стенка выполнена подвижной, ширина канала по верху могла изменяться от 80 до 320 см. Общая высота стенда, имитирующего глубину канала, составляла 120 см.

Для проведения различных измерений бетонной смеси стенд был оснащен

приборной рамкой, датчиками и термометрами.

После подготовки состава, затворения и тщательного перемешивания бетонная смесь укладывалась в пространство между задней стенкой идвигающейся опалубкой (передняя стенка). Угол заложения откоса ( $15^{\circ}$ - $90^{\circ}$ ) устанавливался в соответствии со схемой эксперимента.

Составы бетонной смеси в опытах (табл.), кроме опыта № 4, укладывались на откос стенда без вибрации и без разогрева, начальная температура составов составляла  $18...20^{\circ}\text{C}$ . Состав № 4 разогревался при помощи горячей воды и подогретых заполнителей до температур 30, 45 и  $60^{\circ}\text{C}$ .

Состав экспериментальных бетонных смесей

Таблица

Table

The composition of experimental mixtures

№ состава бетонной смеси № of the composition of the concrete mixture	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> бетонной смеси							Подвижность состава бетонной смеси ОК, см Mobility of the composition of the concrete mixture ОК, cm
	Цемент Ц, кг/м <sup>3</sup> Cement, kg/m <sup>3</sup>	Вода В, кг/м <sup>3</sup> Water, kg/m <sup>3</sup>	Щебень Ш, кг/м <sup>3</sup> Crushed stone, kg/m <sup>3</sup>	Песок П, кг/м <sup>3</sup> Sand, kg/m <sup>3</sup>	Добавка С-3% от Ц Additive С-3% of cement	Добавка ПАЩ-1% от Ц Additive С-3% of cement	Добавка СН% от Ц Additive СН% of С	
1	400	220	1110	620	+	+	+	9...10
2	420	228	1100	608	+	+	+	14...16
3	435	236	1035	600	+	+	+	20...21
4	320	175	1280	586	0,5	0,15	+	9...10
5	332	182	1272	575	1,0	0,15	+	15...16
6	345	190	1265	560	1,5	0,15	+	19...20
7	313	175	1283	587	0,5	0,15	0,5	9...10
8	330	180	1275	575	0,5	0,15	0,5	15...16
9	340	190	1263	562	0,5	0,15	0,5	19...20
10	395	216	1160	530	+	0,15	0,5	10...12
11	412	226	1143	568	+	0,20	0,5	10...12
12	430	236	1135	550	+	0,25	1,5	10...12
13	350	215	1260	540	0,5	+	0,5	10...12
14	365	224	1251	521	1,0	+	0,5	16...17
15	377	237	1240	505	1,5	+	0,5	20...21

Для каждого опытного состава бетона определялись следующие параметры:

- подвижность бетонной смеси перед укладкой, ОК (см);

- начальная температура бетонной смеси  $t_{\text{б.с.}}^{\text{H}}$ , ( $^{\circ}\text{C}$ );

- угол заложения откоса,  $\alpha$ ;

- продолжительность достижения критической прочности  $T_{\text{кр}}$ , при которой можно снять опалубку с сохранением устойчивости на откосе свежеложенной

бетонной смеси (отсутствие выпучивания, сползания бетонной смеси вдоль по откосу);

- длина участка дна  $v$ , на котором бетонная смесь укладывается без нарушения сплошности, однородности, при одновременном бетонировании стенки и дна из одного бункера;

- величина сползания (выпучивания) бетонной смеси  $av$  (см) на откосе наклонного стенда.

Параметры сползания (выпучивания) свежесуложенной бетонной смеси устанавливались и замерялись при помощи приборной рамки, имеющей восемь датчиков Т1...Т8, размещенных с шагом 60 мм (рис. 2).

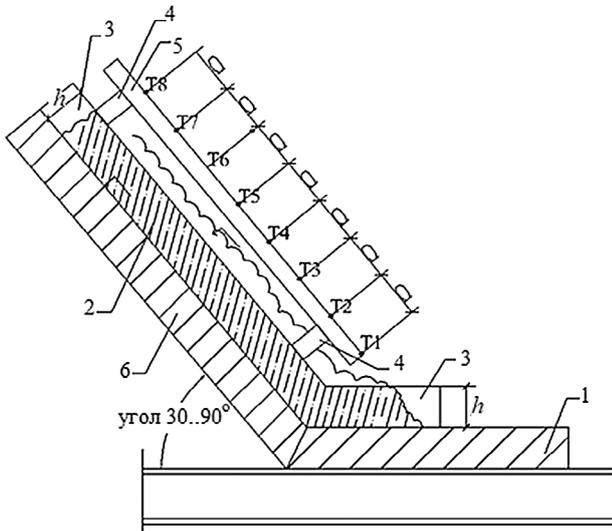


Рис. 2. Принципиальная схема опытного стенда:

- 1 – днище опытного канала стенда;
- 2 – откос канала стенда; 3 – борт стенда;
- 4 – опорные консоли стенда;
- 5 – приборная рамка стенда;
- 6 – свежесуложенная бетонная смесь;
- $h$  – толщина свежесуложенного бетона (облицовки)

Fig. 2. The basic scheme of the experienced stand:

- 1 – bottom of the experimental canal bottom;
- 2 – slope of the stand canal; 3 – side of the stand;
- 4 – support consoles of the stand;
- 5 – instrument frame of the stand;
- 6 – freshly laid concrete mixture;
- $h$  – thickness of the freshly laid concrete (cladding)

Приборная рамка устанавливалась в зависимости от состава и температуры бетонной смеси, а также угла заложения откоса канала.

**Результаты исследований.** В ходе экспериментов было установлено, что снятие передней стенки на 10...12 мин раньше приводит к некоторому сползанию свежесуложенной бетонной смеси по поверхности откоса под собственным весом. При этом чем больше толщина слоя укладываемого бетона, тем сильнее проявляется эффект его сползания (выпучивания).

Также экспериментальным путем установлено время начала процесса свежесуложенной бетонной смеси подвижностью

9...10 см, составившее 8 мин после укладки. При толщине слоя 8 см максимальное выпучивание бетонной смеси над начальным положением (нулевой отметкой) составило  $a_b = 1,85$  см. Кроме того, днище стенда заполнилось частично (14,8 см) при ширине днища 40 см, то есть меньше половины.

Процесс сползания (выпучивания) той же бетонной смеси, но уже через 22 мин после укладки, характеризуется тем, что максимальное выпучивание бетонной смеси над начальным положением составило  $a_b = 0,92$  см, что значительно меньше, чем через 8 мин.

Экспериментально подтверждено, что скорость движения передней стенки (скользящая опалубка) в пределах от 0,2 до 3 м/мин незначительно влияет на продолжительность достижения критической прочности  $T_{кр}$ , поэтому в дальнейшем этот параметр был исключен из анализа.

Что касается вопросов процесса выпучивания бетонной смеси по длине откоса, то результаты экспериментов показали, что наибольшее значение выпучивания бетонной смеси появляется в точке Т4, то есть на 1/3 нижней части откоса, где оно для откоса с углом заложения  $\alpha = 60^\circ$  и бетонной смеси по составу № 11 составило около 1 см через 20 мин (рис. 3).

Выпучивание бетона  $a$ , см

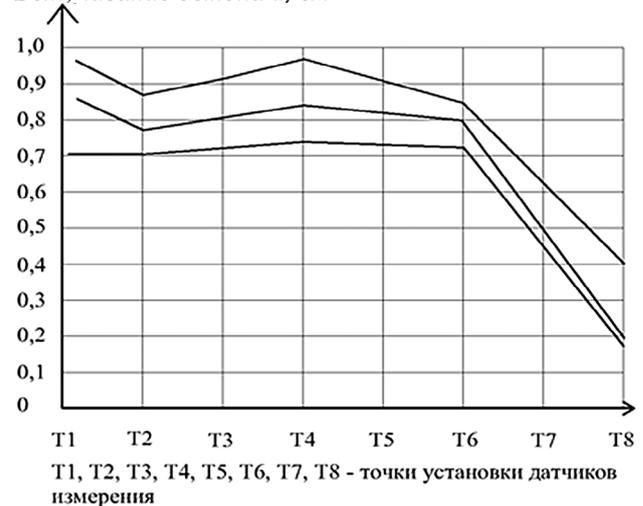


Рис. 3. График выпучивания бетонной смеси по длине откоса при  $\alpha = 60^\circ$  через 20 мин после укладки  
Fig. 3. Schedule of the concrete mixture bulging along the length of the slope at  $\alpha = 60^\circ$  in 20 minutes after laying

Исследование связи между продолжительностью достижения прочности бетонной смеси и углом заложения откоса показывает, что с увеличением угла заложения

откоса возрастает продолжительность достижения критической прочности  $T_{кр}$  бетонной смеси (рис. 4). При  $\alpha = 30^\circ$  угла  $T_{кр} = 33$  мин, а при  $\alpha = 70^\circ$   $T_{кр} = 70$  мин для бетонной смеси состава № 4. Результаты исследования показывают, что ни при каком угле заложения откоса днище стенда не заполняется бетоном со стороны откоса. Так, при  $45^\circ$  угла днище заполняется на 10...15 см, а при  $80^\circ$  – на 20...25 см, что соответствует менее половины ширины дна стенда, равной 40 см.

Это указывает на то, что бетонирование откосов и днища должно вестись с разных бункеров для каналов прямоугольного и трапецидального сечений.

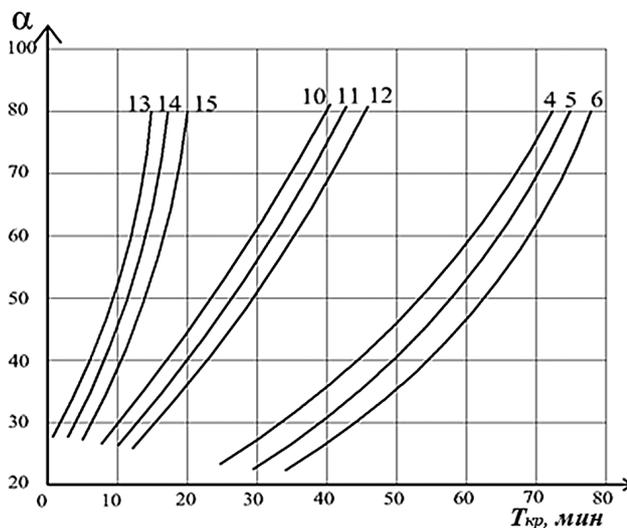


Рис. 4. Зависимость продолжительности достижения критической прочности  $T_{кр}$  от угла заложения откоса  $\alpha$  и состава бетонной смеси:

13, 14, 15, 10, 11, 12, 4, 5, 6 – номера составов бетонных смесей по таблице 1

Fig. 4. Dependence of the duration of reaching the critical strength of  $T_{cr}$  from the angle of laying the slope  $\alpha$  and the composition of the concrete mixture: 13, 14, 15, 10, 11, 12, 4, 5, 6 – numbers of compositions of concrete mixtures on Table 1

Анализ полученных результатов показывает, что ускоряющие добавки типа *СН*, *НК*, *ХК* значительно уменьшают продолжительность достижения бетоном критической прочности – другими словами, уменьшают продолжительность выдерживания бетона под опалубкой, что не обосновано результатами.

Изучение полученной поверхности показывает, что она содержит некоторые

неровности ввиду отсутствия заглаживающей рейки. Поэтому в производственных условиях бетоноукладчики должны быть оборудованы заглаживающими устройствами.

Проведенные исследования приводят к выводу о том, что все бетонизирующие машины при устройстве монолитных облицовок каналов из подвижных бетонных смесей с  $OK > 9...10$  см должны быть оснащены дополнительной скользящей удерживающей опалубкой. Длина этой опалубки определяется в основном скоростью движения бетонизирующей машины и продолжительностью достижения бетоном критической прочности  $T_{кр}$ :

$$l_{оп} = V \cdot T_{кр},$$

где  $V$  – скорость движения (интенсивность бетонирования) бетонизирующей машины, м/мин;  $T_{кр}$  – продолжительность достижения бетоном критической распалубочной прочности, мин.

Например, длина дополнительной скользящей опалубки при скорости движения бетонизирующей машины (виброформа *МБ-17*)  $V = 0,4$  м/мин,

$\alpha = 60^\circ$  угла заложения канала трапецидального сечения составляет:

- для бетонной смеси с добавкой *СН*

$$l_{оп} = 0,4 \times 20 = 8 \text{ м};$$

- для бетонной смеси с предварительным разогревом до  $60^\circ\text{C}$

$$l_{оп} = 0,4 \times 10 = 4 \text{ м};$$

- для бетонной смеси без добавок

$$l_{оп} = 0,4 \times 45 = 18 \text{ м}.$$

Таким образом, применение подвижных бетонных смесей без добавок приводит к большой длине прихвостовой части, что не совсем эффективно в условиях производства работ.

### Выводы

Для устройства бетонных облицовок на подвижных бетонных смесях рекомендуется применять ускоряющие добавки или предварительный разогрев до температуры  $50...60^\circ\text{C}$ . Бетонирование откосов и стенок канала целесообразно проводить из отдельных бункеров. С этой целью бетоноукладчик рекомендуется оборудовать тремя распределительными бункерами: два боковых и один центральный.

**Библиографический список**

1. **Жарницкий В.Я., Корниенко П.А.** Обоснование линейной математической модели сдвигового течения бетонной смеси под действием силы тяжести по наклонной поверхности откоса // Природообустройство. – 2020. – № 1. – С. 88-93.
2. **Борделяну Г.В.** Экспериментально-статистические исследования деформаций ползучести заводского бетона с построением математических моделей второго порядка для их влияния прогнозирования. – Кишинёв, 1974. – 249 с.
3. **Васильев П.И.** Некоторые вопросы ползучести бетона. – Л.: Ленинградский политехнический институт им. М.И. Калинина, 1963. – 285 с.
4. **Галустов К.З.** Развитие теории ползучести бетона и совершенствование методов расчета железобетонных конструкций: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М.: Центр. науч.-исслед. и проект. ин-т жилых и обществ. зданий, 2008. – 47 с.
5. **Карапетян К.С.** Экспериментальное исследование ползучести бетона: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Л.: Ленингр. политехн. ин-т им. М.И. Калинина, 1967. – 34 с.
6. **Корниенко П.А., Прозоровский А.Г., Сабодаш П.Ф.** Об учете массовых сил в расчетах плоско-параллельного слоя бетонной смеси на наклонном грунтовом массиве // Мат-лы научно-техн. конф. – М.: МГУП, 2000. – С. 93-94.
7. **Стрелков Г.П.** Некоторые вопросы природы ползучести бетона: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Харьков: Харьковский инженерно-строительный институт, 1969. – 16 с.
8. **Грозав В.И., Кулиев К.А.** Интенсификация бетонирования монолитных облицовок каналов // Материалы научно-технической конференции. – М.: МГУП, 2001. – 85 с.
9. **Вайнберг А.И.** Решение динамических задач оползневого сдвига // Гидротехническое строительство. – 2002. – Вып. 5. – С. 24-28.
10. **Защитные покрытия оросительных каналов / В.С. Алтунин, В.А. Бородин, В.Г. Ганчиков, и др. / Под ред. В.С. Алтунина. – М.: Агропромиздат, 1988. – 158 с.**

**Критерии авторства**

Жарницкий В.Я., Корниенко П.А. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись.

Жарницкий В.Я., Корниенко П.А. имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию 20.04.2021 г.

Одобрена после рецензирования 20.05.2021 г.

Принята к публикации 18.06.2021 г.

**References**

1. **Zharnitsky V.Ya., Kornienko P.A.** Obosnovanie lineynoy matematicheskoy modeli sdvigovogo techeniya betonnoy smesi pod dejstviem sily tyazhesti po naklonnoj poverhnosti otkosa // Prirodoobustrojstvo. – 2020. – № 1. – S. 88-93.
2. **Bordelyanu G.V.** Eksperimentalno – statisticheskie issledovaniya deformatsii polzuchesti zavodskogo betona s postroeniem matematicheskikh modelej vtorogo poryadka dlya ih vliyaniya prognozirovaniya. – Kishinev: 1974. – 249 s.
3. **Vasiljev P.I.** Nekotorye voprosy polzuchesti betona. – Leningr. politehn. in-tim. M.I. Kalinina. – Leningrad: [b. i.], 1963. – 285 s.: il. + Pril. (75 s.: il.).
4. **Galustov K.Z.** Razvitie teorii polzuchesti betona i sovershenstvovanie metodov rascheta zhelezobetonnih: avtoreferat dis... doktora tehniceskikh nauk: 05.23.01 / Galustov Konstantin Zaharovich; [Mestozashchity: Tsentr. nauch.-issled. iproekt. in-tzhilyhiobshchestv. zdaniij]. – Moskva, 2008. – 47 s.
5. **Karapetyan K.S.** Eksperimentalnoe issledovanie polzuchesti betona [Tekst]: Avtoreferat dis. Na soiskanie uchenoj stepeni doktora tehniceskikh nauk / Leningr. politehn. in-tim. M.I. Kalinina. – Leningrad: [b. i.], 1967. – 34 s.
6. **Kornienko P.A., Prozorovsky A.G., Sabodash P.F.** Ob uchete massovyh sil v raschetah plosko-parallelnogo sloya betonnoy smesi na naklonnom gruntovom massive. Mat-ly nauchno-tehn. konf. – M.: MGUP, 2000. – S. 93-94.
7. **Strelkov G.P.** Nekotorye voprosy prirody polzuchesti betona. Avtoreferat dis. Na soiskanie uchenoj stepeni doktora tehniceskikh nauk. – Khark.inzh. – stroit. in-t, 1969. – 16 s.
8. **Grozav V.I., Kuliev K.A.** Intensifikatsiya betonirovaniya monolitnyh oblitsovok kanalov / Mat-ly nauchno-tehn.konf. – M.: MGUP, 2001. – 85 s.
9. **Vainberg A.I.** Reshenie dinamicheskikh zadac hopolzneвого sdviga // Gidrotehnicheskoe stroitelstvo. – 2002. – № 5. – S. 24-28.
10. **Zashchitnye pokrytiya oroitelnyh kanalov / Altunin V.S., Borodin V.A., Ganchikov V.G. / Pod red. V.S. Altunina. – M.: Agropromizdat, 1988. – 158 s.**

**Criteria of authorship**

Zharnitsky V.Ya., Kornienko P.A. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript.

Zharnitsky V.Ya., Kornienko P.A. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

**Conflict of interests**

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 20.04.2021

Approved after reviewing 20.05.2021

Accepted for publication 18.06.2021