

УДК 624.132.345

*Жукова М.В.*

*Научный руководитель: доц. Дедок В.Н.*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАМЫВА ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ И ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СВОЙСТВА НАМЫТЫХ ОСНОВАНИЙ**

### **Введение**

В работе приведены результаты исследований по изучению имеющихся теоретических и лабораторных мелкомасштабных модельных испытаний [1,2] по намыву грунтов на пойменные территории. На основании анализа выполненных исследований создана экспериментальная установка для проведения исследования процесса намыва грунтов в масштабе 1:3. Целью проведенных экспериментов являлась проверка запроектированных и технически обоснованных на моделях малых масштабов технологических способов намыва на пойменных территориях, обеспечивающих наибольшую плотность намытого основания и наименьшую неоднородность (в плане и по глубине).

В качестве определяющих факторов [3,4] приняты: технология производства работ, текстура намытого грунта, гидравлическая структура пульпы на откосе, гранулометрический состав и расчетные характеристики грунта, характер фракционирования грунтов, характер консолидации грунтов.

### **Моделирование процесса намыва и исследование влияния его параметров на свойства намытого грунтового основания**

Полученные ранее теоретически и на основании мелкомасштабных модельных лабораторных исследований результаты намыва грунтов на пойменные территории требуют проверки в полевых условиях и на опытных участках.

Как показывают исследования, плотность сухого грунта увеличивается с уменьшением масштаба модели [1].

Это происходит за счет несоответствия удельных расходов пульпы на модели и в натуре, характеризующего различное динамическое воздействие потока пульпы на структуру намываемого грунта. При малых глубинах растекающегося потока пульпы скорость потока производит дополнительную упаковку (трамбование) отдельных частиц между собой.

Исходя из этого, на русловой площадке была создана экспериментальная установка для исследования намыва грунтов в масштабе 1:3.

В качестве пересчетной схемы, согласно проведенным исследованиям [1], принята стохастическая модель с учетом совокупности воздействия на процесс неустановившегося режима подачи пульпы, перемещения фронта намыва при перекладке пульпопроводов, наличие органических веществ и неоднородность карьерных грунтов, химизм водной среды и др., что определяет необходимость ввода в расчетные зависимости коэффициента случайности. Характеристики процесса фракционирования аналогичны исследованиям на моделях малого масштаба.

При моделировании соблюдены соответствия исходного грунта, концентрации гидросмеси, удельных расходов пульпы и технологических параметров.

В соответствии с проведенным моделированием на моделях малого масштаба и анализом карьерных материалов необходимо моделировать три состава песков: пылеватые, мелкие и средней крупности. Пески крупнозернистые, как редко встречающиеся, не моделировались.

Приняв в качестве основного расчетного показателя плотность сухого намытого грунта [3], система основных действующих факторов включает в себя: крупность и неоднородность состава и форму частиц. Согласно принятой методике моделирования раз-

меры установки определялись с учетом закона геометрического подобия.

Масштаб модели позволяет не учитывать его влияния на физико-механические свойства намывных грунтов. Удельные расходы пульпы модели и природы равны, что характеризует соблюдение кинематического подобия. Динамическое подобие, характеризующее турбулентность потока и определяемое постоянством числа Струхала потоков одинакового геометрического сечения в условиях турбулентной автомодельности, показывает наличие подобия в структуре потока.

Исследования подтверждают значительное влияние на плотность сухого грунта крупности, неоднородности состава и формы частиц грунта. Эти показатели предопределены карьерным грунтом, и так как изменений их в процессе намыва наблюдаться не будет, то и влиянием их на изменение плотности сухого намывного грунта при пересчете их в натуру можно пренебречь.

Влияние технологических параметров на плотность грунта, как подтвердили исследования [2], значительно: увеличение удельного расхода пульпы на откосе намыва приводит к увеличению плотности, что определяется влиянием интенсивности намыва на плотность укладки частиц грунта; снижение удельных расходов пульпы значительно снижает плотность намывного грунта; увеличение длины откоса позволяет также увеличивать плотность грунта и характеризуется изменением турбулентной структуры потока при изменении уклонов откоса.

Это требует при моделировании базироваться на основе соответствия технологического параметра

$$T = \frac{\sqrt{g \cdot h \cdot L \cdot \rho_s}}{g_s} \quad (1)$$

где  $g$  - ускорение силы тяжести,  $\text{м/с}^2$ ;  $h$  - глубина потока,  $\text{м}$ ;  $i$  - уклон откоса;  $L$  - длина откоса,  $\text{м}$ ;  $g_s$  - удельный расход водной составляющей пульпы,  $\text{т/с}$ ;  $\rho_s$  - плотность сухого грунта,  $\text{т/м}^3$ .

В основу расчета модели положено условие, полученное А.И.Огурцовым [5],

$$T_{\text{мод}} = \sqrt{L_\lambda} \quad (2)$$

где  $T_{\text{мод}}$  - масштаб времени процессов на модели;

$L_\lambda$  - линейный масштаб модели, характеризуемый геометрическим законом подобия.

Как подтвердили эксперименты, плотность укладки грунта, обуславливающая его механические и фильтрационные свойства, а также местные просадочные явления и усадки, зависит от состава карьерного грунта и технологической схемы намыва.

Исследуя влияние  $q_w$  и  $C_s$  на плотность укладки грунта, отмечено, что ее величина уменьшается как с увеличением удельного расхода  $q_w$ , так и консистенции  $C_s$ . Основное влияние определяется значительностью гидродинамического воздействия потока, местным уклоном и расчетной скоростью.

Анализируя зависимости плотности грунта от гидродинамического параметра  $\rho \cdot h \cdot i$ , подтверждается вывод, полученный на мелкомасштабных моделях, что на зависимость  $\rho_s = f(\rho \cdot h \cdot i)$  основное влияние оказывает механический состав карьерных грунтов. Оптимальным расходом пульпы является  $q_w = 6-12 \text{ л/см}$ .

При увеличении  $q_w$  не наблюдается дальнейшего увеличения плотности намываемого грунта, что связано, на наш взгляд, с предельной возможностью уплотнения и упаковки частиц движущимся потоком.

Исследуя зависимость плотности грунта от коэффициента разнотонности  $u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$

и средней крупности грунта, характеризуемой параметром  $\Pi = d_{50} \frac{d_{90}}{d_{10}}$ , отмечено, что плотность укладки грунта повышается с увеличением  $\Pi$  при относительно постоянном коэффициенте разноразмерности  $u$ .

При анализе влияния на плотность укладки грунта и обобщенного технологического параметра  $T = V/I$ , подтвержден предварительный вывод, что с увеличением интенсивности намыва  $I$  уменьшается длина откоса  $L$  и снижается плотность укладки грунта.

Анализируя зависимость  $\rho_d = f(T)$ , можно отметить, что весь диапазон выполненных экспериментов позволяет достаточно точно предсказать значения плотности грунта при различных значениях технологического параметра  $T > 500$ .

Анализ связи  $\rho_d = f(C_s^*, q)$  и  $\rho_d = f(q_w, C_s)$  позволяет отметить, что полученные предварительные выводы подтверждаются полностью, т.е. увеличение  $q_w$  приводит к уменьшению  $\rho_d$  и тем значительнее, чем выше консистенция пульпы  $C_s$ .

Обратное же изменение технологических параметров, т.е. увеличение  $C_s$  с ростом  $q_w$  еще более значительно влияет на изменение  $\rho_d$ . Значение  $q_w$ , введенное в предварительном расчете при теоретическом анализе процесса намыва, незначительно отличается от фактически наблюдаемых удельных расходов пульпы. Погрешность не превышает 25%. Вместе с тем эта погрешность обуславливала занижение расчетного значения  $\rho_d$ , т.е. идет в запас прочности.

Анализируя величину удельного расхода твердых составляющих пульпы и концентрацию их в природном слое, необходимо отметить, что увеличение удельного твердого расхода и концентрация его в природном слое уменьшает плотность укладки намываемого грунта.

Проведение экспериментов в диапазоне консистенции пульпы 2-16% определяют оптимальную консистенцию  $C_s = 8-10\%$ , что подтверждается и другими исследованиями.

Исследования зависимости  $C_s$  на режим движения потока пульпы по откосу подтверждают достоверность полученной критериальной зависимости

$$F_r = 0.342 \cdot C_s^{1.152} \quad (3)$$

Анализ влияния влажности грунта ( $w$ ) на его плотность позволяют отметить, что все значения  $\rho_d$  находятся в пределах плотности в предельно-рыхлом и предельно-плотном состояниях, однако функциональной зависимости  $\rho_d = f(w)$  определить не удалось.

Проведенные геотехнические исследования и анализ зависимости сопротивления намываемых грунтов сдвигу, определяемым совместным действием сил внутреннего трения и удельного сцепления при различных вертикальных нагрузках по длине откоса, а также проведенных компрессионных испытаний для установления зависимости изменения сжимаемости грунтов по длине откоса, и исследований по процессу самоуплотнения намываемой грунтовой толщи в зависимости от технологических параметров намыва подтвердили в значительной мере предварительные выводы.

Сопротивление намываемых грунтов сдвигу по длине откоса увеличивается с увеличением плотности грунта и при этом чем крупнее фракции, тем более значительнее. Коэффициент же относительной сжимаемости  $m_v = f(\rho_d)$  в диапазоне давлений  $p=50+200$  кПа и  $p=200+400$  кПа находится в обратной связи, т.е. большим значением  $\rho_d$  соответствует меньшее значение  $m_v$ .

Анализ осадки намываемых профилей с различными технологическими параметрами намыва ( $C_s$ , типа грунтов,  $u$ ,  $q_w$  и др.) позволяет отметить, что величина относительной

осадки характеризующая самоуплотнение намывных грунтов, определяется мощностью намывного слоя, технологией и неоднородностью карьерных грунтов.

Исследуя процесс стабилизации свойств намывных грунтов необходимо отметить, что основная стабилизация  $\rho_d$ ,  $\varphi$  и  $m$ , происходит в первые 30-60 суток.

### Выводы

В работе на основании анализа имеющихся теоретических исследований и выполненных лабораторных мелкомасштабных модельных испытаний по намыву грунтов на пойменные территории, создана экспериментальная установка для проведения исследования процесса намыва грунтов масштабе 1:3. Проведена экспериментальная проверка спроектированных и технически обоснованных, на моделях малых масштабов, технологических способов намыва на пойменных территориях, обеспечивающих наибольшую плотность и наименьшую неоднородность намывного основания.

По результатам выполненных исследований получены экспериментальные зависимости плотности укладки грунта и деформационных характеристик грунтов намывных оснований от технологических параметров. Анализ зависимостей показал следующее:

- величина плотности укладки грунта уменьшается с увеличением удельного расхода  $q_w$  и консистенции;
- на зависимость  $\rho_d = f(\rho \cdot h \cdot i)$  основное влияние оказывает механический состав карьерных грунтов;
- оптимальным расходом пульпы является  $q_w = 6-12$  л/см;

- плотность укладки грунта повышается с увеличением  $\Pi = d_{50} \frac{d_{90}}{d_{10}}$  при относи-

тельно постоянном коэффициенте разноразности  $u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ ;

- с увеличением интенсивности намыва  $u$  уменьшается длина откоса  $L$  и снижается плотность укладки грунта;
- весь диапазон выполненных экспериментов позволяет достаточно точно предсказать значения плотности грунта при различных значениях технологического параметра  $T > 500$ ;
- увеличение  $q_w$  приводит к уменьшению  $\rho_d$  и тем значительнее, чем выше консистенция пульпы  $C_s$ ;
- увеличение удельного твердого расхода и концентрация его в природном слое уменьшает плотность укладки намывного грунта;
- проведение экспериментов в диапазоне консистенции пульпы 2-16% определяет оптимальную консистенцию  $C_s = 8-10$  %.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Дедок В.Н., Шведовский П.В. Особенности лабораторного моделирования процесса намыва грунтов в условиях Юго-Западного региона Республики Беларусь // Вестник БрГТУ. – 2007. - №1(43): Строительство и архитектура. – С. 103-106.
2. Юфин А.П. Гидромеханизация. – М., Стройиздат, 1974, 224с.
3. Шнеер И.А. Влияние концентрации гидросмеси на плотность намывного грунта. «Гидротехническое строительство» №4, 1960, с.50-52.
4. Колпашников Н.П. Экспериментальные исследования намыва с использованием связных грунтов. Сборник трудов ГИСИ им.В.П.Чкалова, вып.26, 1957, с.37-61.
5. Огурцов А.И. Намыв земляных сооружений. - М., Госстройиздат, 1963. – 366 с, с илл.