

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

УДК 624.159.1:519.688

С.Н. Шабаев, М.В. Соколов, С.А. Юрин

**РАЗРАБОТКА ОСНОВ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАСЧЕТА КРУГЛО-ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ФУНДАМЕНТОВ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ**

При строительстве автомобильных дорог одним из технологических процессов является установка дорожных знаков, а в частности, их опорных конструкций – фундаментов. На стадии проектирования принята конструкция фундамента должна обеспечивать устойчивость дорожного знака, его долговечность, а также быть достаточно прочной и устойчивой к внешним воздействиям.

В соответствии с [1] запроектированы и внедрены в производство железобетонные фундаменты под дорожные знаки типа Ф-1 и Ф-2, характеризующиеся наличием подошвы и относительно малой высотой фундамента  $h_f$ . Однако, имея ряд достоинств, они не находят широкого применения из-за наличия следующих недостатков:

- отсутствие в номенклатуре большого числа заводов железобетонных изделий данной продукции, что приводит к дополнительным транспортным затратам, повышая сметную стоимость производства работ;
- необходимость при производстве работ применять грузоподъемные машины и оборудование;
- сложность (невозможность) использования на внегородских автомобильных дорогах, так как знаки размещаются на присыпных бермах, геометрические параметры которых, в ряде случаев, меньше геометрических размеров самого фундамента.

Сейчас наиболее широко применяются конструкции фундаментов под дорожные знаки, которые можно охарактеризовать как монолитные кругло-цилиндрические фундаменты, представляющие собой изготавливаемые в условиях строительной площадки цилиндрические железобетонные фундаменты с армированием жесткой арматурой в виде стальных труб. Их основные достоинства заключаются в универсальности, технологичности и низкой стоимости устройства.

Модели деформации круглоцилиндрических и типовых фундаментов имеют ряд отличий, связанных с отсутствием четко выраженной подошвы и геометрией конструкции, а значит, методика расчета таких фундаментов должны отличаться от методики, принятой для фундаментов типа Ф-1 и Ф-2. Однако, в нормативной дорожной литературе нет четких указаний какую из известных методик

необходимо применять при расчете широко используемых в настоящее время круглоцилиндрических фундаментов под дорожные знаки, следовательно обоснование метода расчета подобных конструктивных элементов, а также основ его автоматизации, является актуальным.

На основании проведенного поиска была определена приемлемая методика расчета, основные положения которой см. в [прил. В, 2]. Данный выбор основывается на следующих заключениях:

- конструктивно фундамент аналогичен коротким железобетонным сваям круглого сечения, при отношении диаметра фундамента к его высоте не более 1;
- методика основывается на расчете гибкого стержня в условиях упругопластического грунтового основания;
- методика соответствует действующим нормативным документам.

Основываясь на нормативных требованиях [1], расчет фундаментов различного типа и их оснований должен производиться по первой (призматическая и изгибная прочность фундамента и его устойчивость; прочность оснований) и второй (деформации фундамента и оснований; осадка фундамента) группах предельных состояний. В результате анализа общего напряженно-деформированного состояния фундамента под дорожные знаки, преимущественно работающего на изгиб, порядок расчета имеет следующие отличительные черты:

- расчеты на прочность тела фундамента при сжатии и осадку фундамента не производятся, так как вертикальные нагрузки имеют минимальные значения;
- проверка на глубинный сдвиг не производится согласно допущению о жесткой заделке подошвы фундамента;
- расчет на изгибную прочность и ширину раскрытия трещин производится с учетом армирования жесткой арматурой;
- расчет основания на прочность производится при условии устройства фундаментов на насыпных грунтах (наихудшие условия с учетом допущения установки знаков на присыпных бермах).

С развитием технологий, представленную



Рис. 1. Алгоритм определения высоты  $h_f$  и глубины заложения  $d_f$  фундамента:

$n_{ij}$  – определитель схемы и ее разновидности;  $N_x, N_y, N_z, M_x, M_y, M_z, M_{кр}$  – значения внешних усилий по обрезу фундамента при значении  $n_{ij}$ ;  $C_g, \varphi_g, E_g, \gamma_g$  – удельное сцепление, угол внутреннего трения, модуль деформации и удельный вес грунта основания;  $K_b, \alpha_0$  – коэффициент постели и коэффициент пропорциональности;  $E_f, \gamma_f$  – модуль упругости и удельный вес материала фундамента;  $D_f$  – диаметр фундамента;  $u_e, \varphi_e$  – граничные условия в виде горизонтальных перемещений и угла поворота;  $\sigma_h, \sigma_{1/3h}, \tau_h, \tau_{1/3h}$  – внутренние напряжения и сопротивление сдвигу грунта на уровнях  $1/3h_f$  и  $h_f$  соответственно.

скорректированную методику расчета целесообразно реализовывать в программном комплексе. Алгоритм разработанного на языке программирования C++ с использованием среды программирования Microsoft Visual 2010 программного комплекса, основным назначением которого является определение высоты фундамента  $h_f$ , представлен на рис. 1. При проектировании в городских условиях, предусмотрено определение глубины заложения подошвы фундамента  $d_f$ , в зависимости от величины  $h_f$  и величины заглубления обреза фундамента  $l_0$ .

Согласно алгоритму, определение параметров  $d_f$  и  $h_f$  производится из условия ограничения деформации фундамента, характеризующиеся горизонтальным смещением  $u_0$  и углом поворота  $\varphi_0$  обреза фундамента:

$$u_0 < u_e \quad (1)$$

$$\varphi_0 < \varphi_e \quad (2)$$

и его устойчивости:

$$\sigma_h < \tau_h \quad (3)$$

$$\sigma_{1/3h} < \tau_{1/3h} \quad (4)$$

При несоблюдении условий (1-4) задаются приращения  $\Delta d_f$  и  $\Delta h_f$  и расчет выполняется повторно. При достижении граничных значений  $d_f$  и  $h_f$ , соответствующих требованиям п. В.7 [2], в рамках алгоритма требуется переопределение па-

раметра  $D_f$ . В соответствии с расчетом рекомендуется задавать величины  $u_e=0,05$  м и  $\varphi_e=1^\circ$ , однако для интеграции программного комплекса в сферу проектирования предусматривается задание критических величин проектировщиком.

Программный комплекс обладает рядом отличительных особенностей:

- простой и функциональный интерфейс (рис.2);
- возможность графического отображения конструктивных элементов;
- система задания нагрузок с использованием матричных элементов;
- возможность проектирования на различных грунтовых основаниях;
- возможность расчета фундаментов из различных материалов;
- возможность корректировки критических параметров расчета;
- отображение процесса расчета.

Программный комплекс распространяется на расчет фундаментов под дорожные знаки, имеющих на стойке не более 3 щитков, расположенных вдоль оси симметрии опоры, согласно требованиям установки [3]. В результате систематизации перечня дорожных знаков, приведенного в [4], были выделены три основные схемы по критерию количества знаков (табличек), приведенные на рис. 3. Данный тип систематизации обоснован

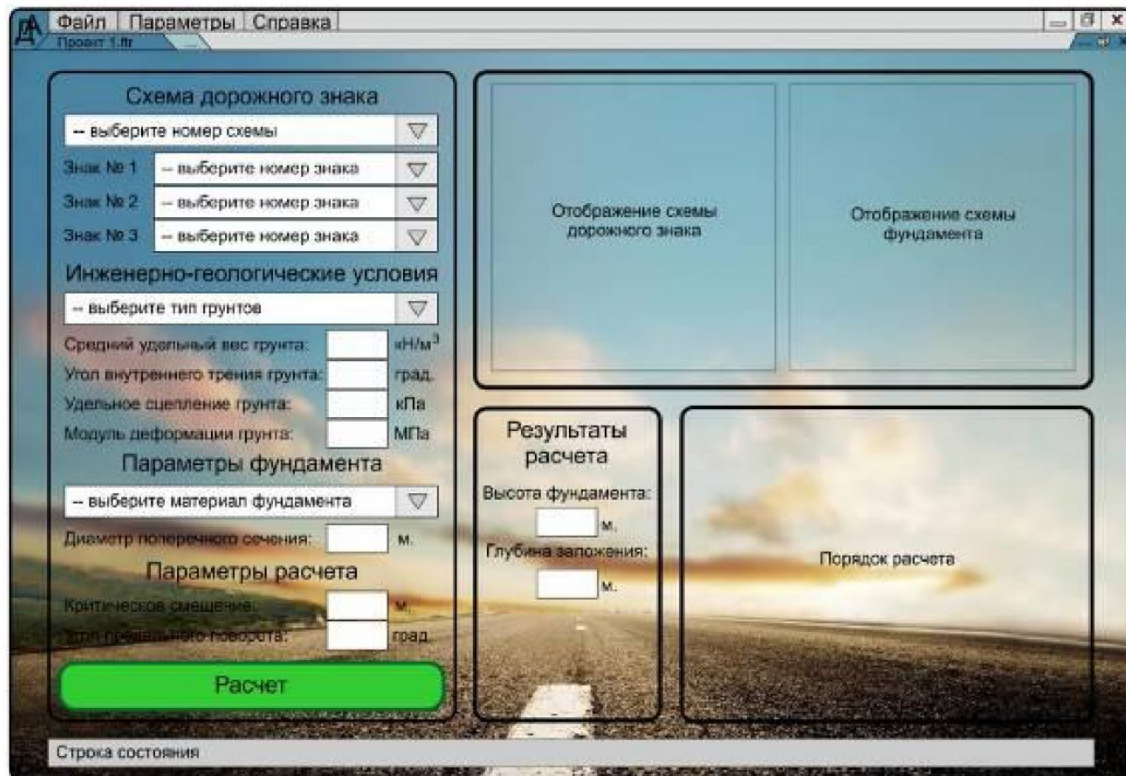


Рис. 2. Интерфейс программного комплекса

максимальным упрощением определения нагрузок по обрезу фундамента на стадии проектирования. Для более подробного рассмотрения расчетных схем, были выделены общие разновидности, систематизированные по значению изгибающих усилий  $M_z$  по обрезу фундамента. Таким образом, для реализации представленного алгоритма величины  $N_x, N_y, N_z, M_x, M_z, M_{кр}$  рекомендуется задавать при помощи матричных элементов  $n_{ij}$ , значение  $i$  которых будет соответствовать номеру схемы, а  $j$  – номеру ее разновидности.

В дальнейшем для расчета фундаментов до-

рожных знаков, на стойках которых закреплено 4 и более щитов (с учетом табличек), а также знаков индивидуального проектирования, планируется разработка дополнительного алгоритма для определения внешних усилий при помощи теорий сопротивления материалов и строительной механики.

Программный комплекс позволяет вести расчет при разных инженерно-геологических условиях. В его рамках реализована возможность расчета при залегании в основании основных видов несвязных и пылевато-глинистых грунтов различной

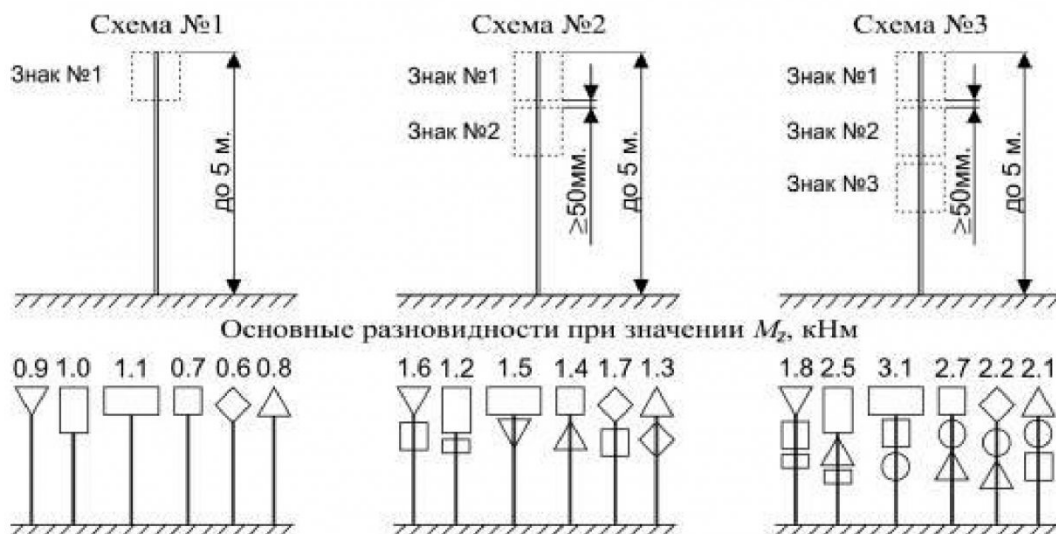


Рис. 3. Принятые расчетные схемы и их разновидности



плотности и консистенции. Для упрощения присвоения параметров грунтового основания применяется интерактивный список, предназначенный для определения значений  $K_b$  и  $\alpha_0$ , и численное определение основных параметров  $C_g$ ,  $\varphi_g$ ,  $E_g$  и  $\gamma_g$ . В качестве дополнительных функций предусмотрено изменение диаметра фундамента и его материала, однако, рекомендуемое значение  $D_f = 0,6$  м железобетонного фундамента из тяжелого бетона является наиболее подходящей к предлагаемой методике.

Таким образом, основные принципы и предложенный алгоритм программного комплекса для

расчета могут являться инженерным обоснованием конструкции фундаментов дорожных знаков при их проектировании. Разработанный программный комплекс может быть использован проектными организациями, занимающимися проектными работами объектов транспортного назначения и их комплексов.

В дальнейшем, основываясь на более подробных изучениях фундаментов данного типа, планируется корректировка методики, а внедрение дополнительного алгоритма позволит расширить расчетную базу, путем добавления сложных и индивидуальных дорожных знаков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 22.13330.2011. Основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01.-83\* / Мин. России. – М.: ОАО «ЦПП», 2011. – 297 с.
2. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85/ Мин. России. – М.: ОАО «ЦПП», 2010. – 109 с.
3. ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств / Федер. агент. по тех. регул. и метрологии. – М.: Стандартинформ, 2005. – 161 с.
4. ГОСТ Р 52290-2004. Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования / Федер. агент. по тех. регул. и метрологии. – М.: Стандартинформ, 2006. – 129 с.

Авторы статьи

Шабает  
Сергей Николаевич  
канд. техн. наук, доцент, зав. каф.  
автомобильных дорог КузГТУ;  
тел.: +7 (904) 371-04-29

Соколов  
Михаил Валерьевич  
асс. каф. автомобильных дорог  
КузГТУ  
; тел.: +7 (951) 573-14-68;

Юрин  
Сергей Александрович  
студент гр. СДб-111.КузГТУ  
тел.: +7 (951) 573-14-68

УДК 622.33:681.3

Ю.А. Степанов

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Кузнецкий угольный бассейн входит в список крупнейших угольных месторождений. Рыночные условия, складывающиеся в России, требуют использования в угольной промышленности высокоинтенсивных технологий выемки угля. Эффективность их внедрения напрямую связана с проблемой обеспечения стабильной и безопасной высокопроизводительной работы комплексно-механизированных забоев, которая может быть решена на основе компьютерного управления технологическими процессами, моделирования и прогнозирования геомеханического взаимодействия массива горных пород с угледобывающим комплексом. Добыча полезного ископаемого сопровождается и различного рода геомеханическими процессами, в том числе горными ударами и внезапными выбросами угля и газа.

Компьютерное моделирование геомеханических ситуаций с учетом положения СМК по длине выемочного столба, возможно на основе исследования динамических процессов разрушения горных пород в целях получения новых знаний о закономерностях возникновения повышенного горного давления для предотвращения аварийных и чрезвычайных ситуаций в очистных забоях угольных шахт. Задача прогноза динамического обрушения массива горных пород при ведении очистных работ до сих пор остается актуальной т.к. она описывается комплексом моделей различной физической природы и аналитическими методами не может быть решена. Поэтому, для решения задач данного класса разумно применять информационные модели и технологии с использованием геоинформационных систем для последующего каче-