

**ОСНОВЫ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
(РАСЧЕТА) ФУНДАМЕНТОВ ПО ТКП EN 1997-1-2009:
ЕВРОКОД 7**

Кравцов В.Н., канд. техн. наук, доцент
(РУП «Институт БелНИИС», Белорусский национальный
технический университет Минск, Беларусь)

В статье приведены материалы, разработанные для переподготовки и повышения квалификации инженерно-технического персонала строительных организаций и обучения студентов БНТУ 7-8 семестров по специальности 1-70.02.01 при изучении Европейских норм по геотехническому проектированию оснований и фундаментов с использованием Еврокода 7.

The article presents the materials developed for retraining and advanced training of engineering and technical personnel of construction organizations and training of students of BNTU 7-8 semesters in the specialty 1-70.02.01 in the study of European standards for geotechnical design of bases and foundations using Eurocode 7.

Введение (постановка цели и задач)

Национальный комплекс технических нормативных правовых актов (далее ТКП РБ) в области архитектуры и строительства (ТНПА) дополнен с 1 января 2010 г. большим блоком европейских норм (далее ТКП EN) и стандартов СТБ EN (Еврокодов), которые были подготовлены и введены в действие в очень сжатые сроки. В результате, при практическом применении указанных документов, возникло большое количество вопросов, связанных с использованием утвержденных европейских норм, их статусом, порядком действия и соотношения с национальными ТНПА, в частности к методам геотехнического проектирования оснований и фундаментов в условиях Республики Беларусь /1 и др./.

Анализ Еврокодов и практика их применения /1, 3-7/, при геотехническом проектировании сооружений показывает, что общие принципы и подходы к обеспечению безопасности и долговечности зданий, энергосбережения, комфортного пребывания людей в значительной степени совпадают с требованиями национальных ТНПА /2/, в т.ч. для фундаментостроения (механики грунтов) /8, 9/.

В то же время, в них имеются существенные отличительные особенности, обусловленные исторически сложившимися традициями в области теории (применения расчетных моделей), проектирования, производства определенных видов строительных материалов, технологии проведения работ, уровня развития инфраструктуры, направленности социальной политики и другими факторами. Но аналогичные отличия от Еврокодов имеются также у национальных норм различных стран Евросоюза, например, Германии, Великобритании, Франции и др. (см. подходы к проектированию ПП1-ПП3) /3/.

Несмотря на одинаковые принципы, заложенные в ТКП РБ и ТКП EN при геотехническом проектировании сооружений (2-а предельных состояния: по прочности и деформациям), в отдельных вопросах их реализации по критериям "безопасности", «надежности», Еврокоды и ТНПА имеют существенные различия. Поэтому, для успешного практического освоения принятых в Республике Беларусь Еврокодов, необходимо в соответствии с Директивой 86/106/ ЕЕС, правил /4 и др./ Евросоюза выполнить комплекс мероприятий по их внедрению с учетом особенностей белорусского региона. В частности, уточнить национальное приложение к Еврокоду 7, наладить соответствующее обучение в области образования, переподготовки и повышения квалификации инженерно-технических кадров строительных специальностей и разработать для этих целей методические инструкции (руководства) /4/. Попутно следует актуализировать (перевести с английского и утвердить) в полном объеме СТБ EN по испытанию грунтов, а также оснастить изыскательские организации (лаборатории) соответствующими Европейскими приборами и оборудованием. Без указанных мероприятий применение в Республике Беларусь ТКП EN 1997-1-2009, часть 1 /5/ и ТКП EN 1997-2-1997, часть 2 /6/ – невозможно.

Учитывая большую потребность в специалистах, владеющих методами проектирования с использованием европейских строительных норм (Еврокодов) в РУП "Институт БелНИИС" разработаны методические обучающие Программы (руководства) и проводятся обучающие семинары по освоению методов геотехнического проектирования на основе европейских норм (Еврокоды 0, 1, 7, 8 /5-7 и др./), а на кафедре "Геотехника и экология в строительстве" БНТУ в типовом учебном плане специальности 1-70.02.01 "Промышленное и гражданское строительство" в разделе "Механика грунтов, основания и фундаменты" предусмотрены лекционные часы, практические занятия и контрольные работы для студентов 7 и 8 семестров по изучению Еврокодов и методов геотехнического проектирования с использованием этих материалов в курсовые проекты при проектировании оснований фундаментов. Материалы по геотехническим расчетам с использованием методик Еврокода 7 включены в разработанные на кафедре методические указания к практическим занятиям и по разработке курсового проекта /10 и др./. Ниже приводятся основные положения по данному вопросу.

1. Общие проектные положения расчета оснований и фундаментов согласно принципов (Р) Еврокода 7

Расчет оснований фундаментов как по ТКП EN /5-8/, так и по ТКП РБ /8, 9/ производится по 2-м группам предельных состояний:

- несущей способности;
- деформативности.

(1)Р При рассмотрении предельного состояния (STR и GEO) по разрушению (несущей способности) или чрезмерным деформациям конструкции фундамента и его элементов или основания (грунтов), согласно Еврокодам 0 и 7 /5, 7/, следует проверять условие (здесь и далее номера ссылок даются по Еврокоду 7 /5/).

$$E_d \leq R_d, \quad (6.1)$$

или при проектировании фундаментов – условие

$$V_d \leq R_d, \quad (6.1 \text{ а})$$

с использованием частных коэффициентов, которые применяются к репрезентативным воздействиям F_{rep} , и к результатам этих воздействий V , формулы (6.2 а) и (6.2 б), или к характеристическим параметрам грунта X_k , и к сопротивлениям R , формулы (6.3 а), (6.3 б):

$$E_d(V_d) = E(V)\{\gamma_F F_{\text{rep}}; X_k/\gamma_M; a_d\} \quad (6.2 \text{ а})$$

$$E_d(V_d) = \gamma_E E(V)\{F_{\text{rep}}; X_k/\gamma_M; a_d\}, \quad (6.2 \text{ б})$$

$$R_d = R\{\gamma_F F_{\text{rep}}; X_k/\gamma_M; a_d\}, \quad (6.3 \text{ а})$$

$$R_d = R\{\gamma_F F_{\text{rep}}; X_k; a_d\}/\gamma_R, \quad (6.3 \text{ б})$$

Для проверки 2-х предельных состояний по (6.2) и (6.3) используются частные коэффициенты из обязательного приложения А Еврокод 7 исходя из 3-х подходов проектирования (ПП или в /5, 7/, Design Approaches – DA).

Проектный принцип 1 (ПП 1, DA 1)

(1)Р В ПП 1 (DA 1), за исключением проектирования свай и анкеров, на действие осевой нагрузки проверяются предельные состояния несущей способности или чрезмерной деформации с использованием 2-х основных сочетаний набора частных коэффициентов:

в сочетании 1: **A1 «+» M1 «+» R1**;

в сочетании 2: **A2 «+» M2 «+» R1**,

где здесь и далее «+» означает «в сочетании с...».

Проектный принцип 2 (ПП 2, DA 2)

(1)Р В ПП 2 (DA 2) предельные состояния по несущей способности или чрезмерным деформациям при разрушении проверяются с использованием 1-го сочетания набора частных коэффициентов:

сочетание: **A1 «+» M1 «+» R2**.

Проектный принцип 3 (ПП 3, DA 3)

(1)Р В ПП 3 (DA 3) предельные состояния по разрушению или чрезмерной деформации проверяются с использованием 1-го сочетания набора частных коэффициентов:

сочетание: **(A1* или A2[†]) «+» M2 «+» R3**,

где * — для воздействий от сооружений;

† — для геотехнических воздействий.

A, M, R — обозначения наборов частных коэффициентов в сочетаниях:

A – набор частных коэффициентов по приложению А Еврокода 7, применяемый к **репрезентативным** воздействиям $F_{гер}$ или их результатам;

M – то же, применяемый к **характеристическим** параметрам грунта X_k ; R – то же, к сопротивлениям (см. формулы (6.2) и (6.3)).

Принципиальная расчетная схема проверки предельных сочетаний STR и GEO, составленная по принципам Еврокода 7 для плитных фундаментов, дана на рисунке 1.

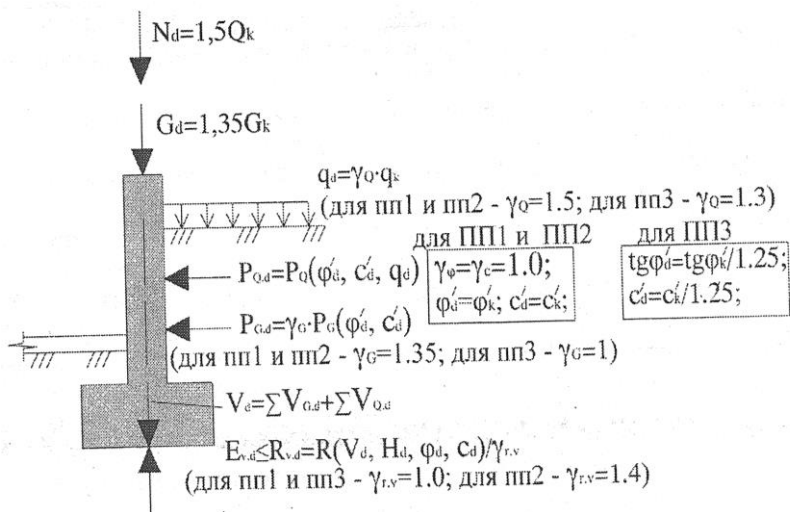


Рис.1. Принципиальная схема расчета STR, GEO оснований фундаментов с использованием проектных подходов ПП 1 – ПП 3 (DA 1 – DA 3) на примере проектирования плитных фундаментов по частным коэффициентам (вариант вертикального равновесия при неблагоприятных сочетаниях воздействий)

2. Расчет оснований плитных фундаментов с использованием аналитического метода ТКП EN 1997-1-2009: Еврокод 7

Расчет несущей способности основания плитного фундамента по методике Eurocode 7 производится из условия (6.1 а), где проектные значения: нагрузки V_d определяется по Еврокоду 0, а сопротивление фундамента R_d – на основе рекомендуемых в приложении D ап-

проксимированных уравнений теории упругости и учета следующих предпосылок и исходных факторов:

- прочности грунта, обычно характеризуемая расчетными значениями его свойств c_u , c' и φ ;

- конструкции фундамента и схемы приложения нагрузок (эксцентриситет, наклон нагрузки и подошвы фундамента, глубина ее заложения и др.) согласно рисунку 2;

- инженерно-геологических условий строительства (характеристика площадки, состав грунтов основания и их расположение по глубине, простирацию и др.).

Расчетная схема плитного фундамента, согласно /5/, дана на рисунке 2.

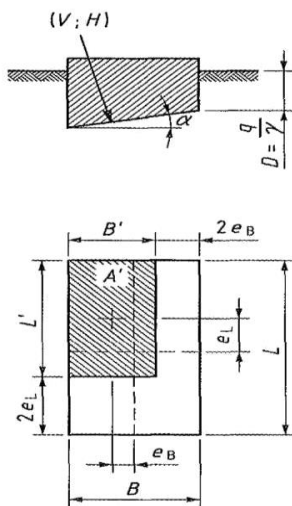


Рис. 2. Расчетная схема для определения несущей способности основания плитного фундамента по методике Eurocode 7 аналитическим методом с использованием рекомендуемого приложения D /5/

Основные обозначения, используемые на рисунке 2 и в расчетных формулах по методике Eurocode 7, приложение D.

$A' = B'L'$ — проектная эффективная площадь фундамента, м;

B – проектные значения коэффициентов для наклона подошвы фундамента с нижними индексами c , q и γ , м;

B – ширина фундамента, м;
 B' – эффективная ширина фундамента;
 D – глубина заложения, м;
 e – эксцентриситет равнодействующей воздействия с нижними индексами B и L , м;
 i – безразмерный коэффициенты наклона нагрузки с нижними индексами для сцепления c , пригрузки q и удельного веса грунта γ ;
 L – длина фундамента, м;
 L' – эффективная длина фундамента, м;
 m – показатель степени в формулах для коэффициентов наклона i , м;
 N – коэффициенты с нижними индексами для c , q и γ ;
 q – пригрузка или давление на уровне подошвы фундамента, кПа;
 q' – расчетное эффективное давление от чрезмерной нагрузки на уровне основания фундамента, кПа;
 s – коэффициенты формы подошвы фундамента с нижними индексами для c , q и γ ;
 V – вертикальная нагрузка, кН;
 α – наклон подошвы фундамента к горизонтали, град;
 γ' – проектный эффективный удельный вес грунта ниже подошвы фундамента, кН/м³;
 θ – угол наклона для H , град.

Расчет сопротивления основания фундамента R_d (расчетной несущей способности грунта) аналитическим методом с использованием приложения D Eurocode 7 производится для двух условий: А – не консолидируемого основания (условие без дренирования) и Б – консолидированного основания (условие с дренированием).

А. Для условия не дренированного основания расчетная несущая способность вертикально нагруженного основания фундамента может быть определена по формуле:

$$R/A' = (\pi + 2) \cdot c_u b_c s_c i_c + q, \text{ кПа}, \quad (6.4)$$

где использованы расчетные безразмерные коэффициенты:

– наклона подошвы фундамента: $b_c = 1 - 2\alpha/(\pi + 2)$;

– формы фундамента:

$s_c = 1 + 0,2 \cdot (B'/L')$ – для прямоугольной формы;

$s_c = 1,2$ - для квадратной или круглой формы;
 – наклона нагрузки с горизонтальной составляющей H :

$$i_c = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A'c_u}}\right),$$

где $H \leq A'c_u$.

c_u – прочность грунта при недренированном сдвиге, определяемая по формуле

$$c_u = c \frac{\cos \varphi}{1 - 1/3 \sin \varphi} + \sigma_o \frac{\sin \varphi}{1 - 1/3 \sin \varphi}, \text{ где}$$

$$\sigma_o = \frac{1}{3} (\sigma_{z,zp} + 2\sigma_{x,zp}),$$

$$\sigma_{z,zp} = \sum \gamma_{zp} z,$$

$$\sigma_{x,zp} = \frac{\nu}{1 - \nu} \sigma_{z,zp},$$

где ν – коэффициент Пуассона, приведен в таблице 1

Таблица 1

Коэффициент Пуассона для различных типов грунтов

Тип грунта	Коэффициент Пуассона ν
Крупнообломочные грунты ($0,45 \leq e \leq 0,55$)	0,27
Пески и супеси ($0,45 \leq e \leq 0,75$)	0,30–0,35
Суглинки ($0,50 \leq e \leq 0,85$)	0,35–0,37
Глины ($0,5 \leq e \leq 1,0$) при показателе текучести I_L :	
$I_L \leq 0$	0,20–0,30
$0 < I_L \leq 0,25$	0,30–0,38
$0,25 < I_L \leq 1,00$	0,38–0,45
<i>Примечание</i> — Меньшие значения ν принимаются при большей плотности грунта.	

Б. Для условия дренированного основания расчетная несущая способность вертикально нагруженного фундамента может быть определена по формуле

$$R/A = c' N_c b_c s_c i_c + q' N_q b_q s_q i_c + 0,5 \gamma' N_\gamma b_\gamma s_\gamma i_\gamma, \text{ кПа} \quad (6.5)$$

где использованы расчетные безразмерные коэффициенты:

– несущей способности:

$$N_q = e^{\pi \operatorname{tg} \varphi'} \operatorname{tg}^2 (45^\circ + \varphi'/2);$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \operatorname{ctg} \varphi';$$

$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \operatorname{tg} \varphi'$, где $\delta \geq \varphi'/2$ (при шероховатой поверхности подошвы фундамента);

– наклонной плоскости подошвы фундамента:

$$b_c = b_q - (1 - b_q)/(N_c \operatorname{tg} \varphi');$$

$$b_q = b_\gamma = (1 - \alpha \operatorname{tg} \varphi')^2;$$

– формы фундамента:

$$s_q = 1 + (B'/L') \cdot \sin \varphi' \text{ для прямоугольной формы;}$$

$$s_q = 1 + \sin \varphi' \text{ для квадратной или круглой формы;}$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \cdot (B'/L') \cdot \sin \varphi' \text{ для прямоугольной формы;}$$

$$s_\gamma = 0,7 \text{ для квадратной или круглой формы;}$$

$s_c = (s_q N_q - 1)/(N_c - 1)$ для прямоугольной, квадратной или круглой формы;

– наклона нагрузки за счет горизонтальной составляющей H :

$$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_c \operatorname{tg} \varphi');$$

$$i_q = [1 - H/(V + A' c' \operatorname{ctg} \varphi')]^m;$$

$$i_\gamma = [1 - H/(V + A' c' \operatorname{ctg} \varphi')]^{m+1},$$

где $m = m_B = [2 + (B'/L')]/[1 + (B'/L')]$, если H действует в направлении B' ;

$$m = m_L = [2 + (L'/B')]/[1 + (L'/B')], \text{ если } H \text{ действует в направлении } L'.$$

В случаях, когда горизонтальная составляющая нагрузки действует в направлении, образующем угол θ с направлением L' , m можно вычислять по формуле

$$m = m_0 = m_L \cos^2 \theta + m_B \sin^2 \theta.$$

2.1. Последовательность (алгоритм) расчета несущей способности плитных фундаментов.

2.1.1. Определение проектных значений нагрузок V_d по Еврокод 0, Еврокод 1 и характеристических параметров грунтов X_k по результатам изысканий по Еврокод 7, часть 2.

2.1.2. Назначение частных коэффициентов надежности для воздействий и параметров грунтов по приложению А Еврокод 7.

2.1.3. Аналитический расчет проектного значения сопротивления грунта R_d основания фундамента с использованием рекомендуемой методики приложения D Еврокода 7.

2.1.4. Проверка условия при котором проектное сопротивление грунта должно быть больше проектного воздействия: $V_d \leq R_d$ и подбор исходя из него ширины фундамента B .

Примечание. Коэффициенты надежности выбираются на основании применяемого проектного принципа (ПП), см. раздел 1.

3. Пример расчета плитного фундамента с использованием аналитического метода приложения D ТКП EN 1997-1-2009: Еврокод 7.

В настоящем примере способ использования уравнений (6.2) и (6.3) Еврокода 7 (учитывая то, что это не оговорено в национальном приложении /5/) принят по подходу к проектированию – ПП 1 (см. выше), т.к. он является базовым в Еврокоде 7 /1, 3 и др./.

Исходные данные:

Ленточный фундамент шириной $B = B' = 1,2$ м в однородном слое суглинка со свойствами, согласно изысканий по Еврокод 7, часть 2:

$\gamma = 20$ кН/м³, $\varphi' = 23^\circ$, $c' = 5$ кПа и $c_u = 40$ кПа, оказывает на грунт репрезентативное вертикальное давление (воздействие) $F_{rep} = 160$ кПа, которое определено с учетом веса фундамента и грунта на его ступенях. Уровень воды W_L находится ниже сжимаемой зоны фундамента, уровень заложения его подошвы от поверхности земли $D = 0,75$ м.

Расчетная схема фундамента дана на рис. 2, обозначена в разделе 2.

Определить несущую способность грунта (значение R_d), проверить выполнение условия $V_d \leq R_d$ и подобрать исходя из него требуемое значение B (при необходимости), с учетом того, что бы разница между величинами V_d и R_d не превышала 10%.

Расчет выполняем для условий: без дренирования А и с дренированием Б основания (см. раздел 2).

А – Условие для недренированного основания (краткосрочное)

Значение R_d находится с использованием формулы (6.4)

$$R_d/A' = (\pi + 2)c_u b_c s_c i_c + q.$$

Учитывая то, что коэффициенты подошвы s_c ее наклона b_c , нагрузки i_c для ленточного фундамента равны 1,0, формула (6.4) примет вид

$$R_d/A' = (\pi + 2)c_u + q.$$

Производится расчет по ПП 1: Сочетание 1 (см. раздел 1)

Из всех наборов частных коэффициентов в сочетании 1: А1 + М1 + R1, только коэффициенты для набора А1 имеют значения, отличные от 1,0 (см. приложение А3 /5/). Частный коэффициент $\gamma_G = 1,35$ (см. таблицу А 3.1), $q = \gamma \cdot D$.

Исходя из этого по (6.4)

$$R_d/A' = 5,14 \times 40 + 0,75 \times 20 = 220,6 \text{ кПа},$$

что больше

$$V_d/A' = F_{\text{rep}}\gamma_G = 160 \times 1,35 = 216 \text{ кПа}.$$

Таким образом, условие $V_d \leq R_d$ при ширине $B = 1,2$ м, для сочетания ПП1 – выполняется, а коэффициент запаса несущей способности грунта составляет $k = (256/220,6) \cdot 100 = 2\% < 10\%$, поэтому уточнения ширины B – не требуется.

Производится расчет по ПП 1: Сочетание 2

Из всех наборов частных коэффициентов в сочетании 2: А2 + М2 + R1, только коэффициенты для набора М2 имеют значения, отличные от 1,0. Частный коэффициент $c_{cu} = 1,4$ (см. таблицу А 3.2) /5/. С учетом этого

$$R_d/A' = (\pi + 2)c_u/\gamma_{cu} + q = (\pi + 2)c_u + q = 5,14 \times 40/1,4 + 0,75 \times 20 = 161,9 \text{ кПа},$$

что больше

$$V_d/A' = F_{\text{rep}}\gamma_G = 160 \times 1,0 = 160 \text{ кПа}.$$

Таким образом, условие $V_d \leq R_d$ для сочетания 2 ПП1 также выполняется, ширина B подобрана правильно ($k = 2\% < 10\%$).

Б – условие с дренированием основания (долгосрочное)

По формуле (6.5)

$$R_d/A' = c'N_c b_{cs} i_c + qN_q b_{qs} i_q + 0,5\gamma B N_\gamma b_\gamma s_\gamma i_\gamma$$

или

$$R_d/A' = cN_c + qN_q + 0,5\gamma B N_\gamma.$$

Т.к. коэффициенты подошвы, формы, наклона подошвы и нагрузки для ленточного фундамента равны 1,0. N_c , N_q и $0,5\gamma B N_\gamma$ являются функциями φ' (см. формулу (6.5)).

Производится расчет по ПП 1: Сочетание 1

Для набора А1 частный коэффициент $\gamma_G = 1,35$ (см. таблицу 3.1 приложения МУ).

Определяем коэффициенты несущей способности (см. формулу 6.5), используя расчетную проектную величину φ :

$$\begin{aligned} \varphi'_d &= \tan^{-1}(\tan 23^\circ/1,0) = 23^\circ, \\ N_c &= 18, N_q = 8,66, N_\gamma = 6,5, \end{aligned}$$

с учетом которых

$$R_d/A' = 5 \times 18 + 15 \times 8,66 + 0,5 \times 20 \times 1,2 \times 6,5 = 297,9 \text{ кПа},$$

что больше

$$V_d/A' = F_{\text{rep}}\gamma_G = 160 \times 1,35 = 216 \text{ кПа}.$$

Таким образом условие $V_d \leq R_d$ для сочетания 1 ПП1 выполняется, величина В подобрана правильно ($k = 27\% > 10\%$).

Производится расчет по ПП 1: Сочетание 2

Для набора М2 частные коэффициенты $\gamma_{c'} = \gamma_{\phi'} = 1,25$ (см. таблицу А 3.2 /5/).

Определяем коэффициенты несущей способности (см. формулу 6.5), используя расчетную проектную величину φ :

$$\begin{aligned}\varphi'_d &= \tan^{-1}(\tan 23^\circ / 1,25) = 18,76^\circ, \\ N_c &= 13,72, N_q = 5,66, N_\gamma = 3,17,\end{aligned}$$

с учетом которых

$$\begin{aligned}R_d/A' &= (c'/\gamma_{c'}) N_c + q'N_q + 0,5\gamma BN_\gamma = 5/1,25 \times 13,72 + 15 \times 5,66 + 0,5 \times 20 \times \\ &\times 1,2 \times 3,17 = 177,8 \text{ кПа},\end{aligned}$$

что больше

$$V_d/A' = 160 \times 1,0 = 160 \text{ кПа}.$$

Таким образом условие $V_d \leq R_d$ для сочетания 2 ПП1 также выполняется, величина В подобрана правильно ($k = 10\% = 10\%$).

Выводы

1. Для успешного освоения Еврокодов и европейских стандартов в практике геотехнического проектирования оснований и фундаментов в Республике Беларусь необходимо:

– актуализировать (перевести с английского и утвердить) стандарты СТБ EN и оснастить изыскательские организации и грунтовые лаборатории соответствующим европейским оборудованием;

– согласно указаний Директив 86/106ЕЕС и 2002/91ЕС, разработать его методическое обеспечение, на основе которого провести переподготовку и повышение квалификации различных категорий строительных специалистов.

Организация обучения разработки и внедрения соответствующих программ в первую очередь должна коснуться системы высше-

го и среднего специального образования посредством переподготовки и повышения квалификации кадров, проведения круглых столов, обучающих семинаров, международных конференций и др.

2. Для обеспечения требований Директив ЕС и указаний Минстройархитектуры Республики Беларусь в настоящее время осуществляются следующие мероприятия.

2.1. В РУП "Институт БелНИИС" разработаны методические программы (руководства) на основе которых проводится обучение инженерно-технических кадров строительных организаций по проектированию оснований и фундаментов с использованием европейских норм для условий Республики Беларусь.

2.2. В типовом учебном плане специальности 1-70.02.01 "Промышленное и гражданское строительство" в разделе "Механика грунтов, основания и фундаменты" на кафедре "Экология и геотехника строительства" БНТУ предусмотрены лекционные часы, практические занятия и контрольные работы 7-8 семестрах по изучению методов геотехнического проектирования оснований и фундаментов (в т.ч. при выполнении курсовых работ) с использованием Еврокода 7 (часть 1 и 2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравцов, В.Н. Нормативно-правовое обеспечение проектирования и возведения оснований и фундаментов в Республике Беларусь с использованием национальных и Европейских норм / В.Н.Кравцов / Геотехника Беларуси: Наука и практика: материалы межд. науч.-техн. конф., посвящ. 60-ти летию каф. ОФ и ИГ и 90-летию проф. Ю.А. Соболевского: Сб. научн. тр.: В 2-х т. Т.2; редкол: д.т.н., проф. М.И. Никитенко (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2013.–С.348-361.

2. ТР 2009/013/ВУ. Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность. – Минск : МАиС РБ, 2009. – 27 с.

3. Frank R., Magnan J.P. A few thoughts about ultimate limit states verifications following Eurocode 7 (in French) / Proc. 12-th European Conf. Soil Mechs. & Geot. Engng. Workshop on the Eurocodes. Amsterdam, 1999. – V.3.– P.2179 – 2183.

4. CEN 2004. Eurocode 7: Geotechnical design. Part 1: General rules. EN 1997-1: 2004 (E, F, G). November 2004. Brussels: European Committee for Standardization, 2004.

5. ТКП EN 1997-1-2009. Еврокод 7. Геотехническое проектирование Часть 1. Общие правила. – Минск : МАиС РБ, 2009. – 129 с.

6. ТКП EN 1997-2-2009. Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Часть 2. Исследования и испытания грунта. – Минск : МАиС РБ, 2009. – 350 с.

7. CEN 2002. Eurocode 0. Basis of structural design. European standard. EN 1990: 2002. Brussels: European Committee for Standardization, 2002. – 230 p.

8. ТКП 45-5.01-254-2012. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования / Минстройархитектуры Респ. Беларусь. – Минск : РУП «Стройтехнорм», 2012. — 164 с.

9. ТКП 45-5.01-67-2007. Фундаменты плитные. Правила проектирования / Минстройархитектуры Респ. Беларусь. – Минск : РУП «Стройтехнорм», 2007. — 140 с.

10. Расчет оснований фундаментов с использованием методов Еврокод 7 / Механика грунтов, основания и фундаменты: Методические указания к выполнению курсового проекта для студентов строительных специальностей 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство», 1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью» // Каф. «Геотехника и экология в строительстве» (общая ред. М.И.Никитенко). – Минск: БНТУ, 2011. – С. 34 – 38.