- окончательная разбивка опалубки под ростверк с нанесением на ней меток для установки анкерных групп;
- исполнительная съемка анкерных групп.

Места забивки свай определяются по шнуровке. Эта работа не требует высокой точности (5–8 см) и выполняется самими строителями.

Предварительная разбивка места установки опалубки под ростверки требует более высокой точности геодезических работ (1–2 см), для этого тахеометр центрируется над меткой на обноске продольной оси и способом створов задается продольная ось, которая на местности закрепляется при помощи арматуры – примерное расположение ростверков. Поперечные оси намечаются по дальномерному расстоянию, которое берется с проекта размещения ростверков (рис. 3). Для этого в комплекте тахеометра желательно иметь портативные рации для общения наблюдателя и человека с отражателем. Места поперечных осей определяются методом «ближе» – «дальше» и закрепляются на местности штырями из арматуры.

Окончательная разбивка опалубки ростверков с нанесением на ней меток для установки анкерных групп требует высокой точности линейных измерений (2–3 мм) и поэтому выполняется более тщательно, что позволит повысить качество монтажных работ.

Перед началом разбивки должна быть выполнена калибровка дальномера тахеометра при помощи насадки «контрольный отсчет». Контрольный отсчет не должен отличаться от паспортного более чем на 1 мм.

Далее тахеометр центрируется при помощи оптического центрира над меткой на обноске, и вводятся метеоданные (температура и атмосферное давление). К этой процедуре следует отнестись очень внимательно. Погрешность определения температуры в 1ºC приводит к дополнительной погрешности измерения расстояния, выражающейся величиной

$$\Delta s_t = 1{,}0 \cdot 10^{-6} r \,, \qquad (4)$$

где r – значение измеренного расстояния в мм, а погрешность определения атмосферного давления в 0,75 мм рт.ст. приводит к подобной погрешности, выражающейся величиной

$$\Delta s_p = 0{,}5 \cdot 10^{-6} r \,.$$

После центрирования тахеометра визирную ось трубы ориентируют на противоположную метку продольной оси. На установленных опалубках, с двух сторон опалубки, наносят метки продольной оси.

Поперечные оси маркируют с двух сторон опалубки по проектным расстояниям. Здесь следует помнить, что ширина или длина ростверка d, как правило, равна соответственно 0,60 или 1,20 м. Тогда действительные расстояния r, соответствующие проектным расстоянием r_0, следует вычислять по формуле:

$$r = \sqrt{(d/2)^2 + r_0^2} \,. \qquad (5)$$

Для этого полезно пользоваться заранее подготовленной таблицей.

***Таблица 1**. Расчет приведенных расстояний для шага колонн 6 м и длине (ширине) ростверка 1,20 м*

№ п/п	Расстояния, мм		№ п/п	Расстояния, мм	
	r_0	r		r_0	r
1	6000	6030	7	42000	42004
2	12000	12015	8	48000	48004
3	18000	48010	9	54000	54003
4	24000	24008	10	66000	66003
5	30000	30006	11	72000	72002
6	36000	36005	12	114000	114002

По меткам на опалубке устанавливается анкерная группа из четырех болтов, и ростверк бетонируется.

После снятия опалубки на каждом ростверке наносятся описанным выше способом по две продольных метки и три поперечных. По меткам проводятся маркером или краской продольные и поперечные оси.

Заключение

1. Предложен новый способ нивелирования конструкций, расположенных на высоте. Разработана методика нивелирования и сделан расчет точности определения превышений между точками. Методика опробована на реставрируемом предприятии в г. Барановичи.
2. Применение электронного тахеометра повышает производительность и точность геодезических разбивок при устройстве фундаментов, позволяет с одной станции наблюдений выносить в натуру как продольные, так и поперечные оси ростверков. Для повышения точности наблюдений и удобства разбивки предложен предварительный расчет до крайних меток поперечных осей ростверков.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник по геодезическим работам в строительно-монтажном производстве / Под ред. Ю.В.Полищука. – М.: Недра, 1990.
2. Тахеометр электронный 3Та5Р. Руководство по эксплуатации. – УоМЗ, 2004.
3. Технический кодекс установившейся практики: ТКП 45-1-03-26-2006 (02250). Геодезические работы в строительстве. – Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь.– Минск, 2006.

[illegible] 29.01.10

ZUEVA L.F., ZELENSKI A.M., FOLITAR G.V. Specific features of control of bearing elements in buildings and constructions in complex conditions for traditional geodetic measurements

The article contains two propositions.

1) A new method of controlling the height of constructions with the help of a leveler, a lath and a range-finder is offered in the article.

2) The article deals with the peculiarities of laying out works in constructing foundations under monolithic grillages with the help of electronic tacheometr.

УДК 528.063

[illegible]

[illegible]

Введение. Проектирование геодезических сетей (государственных, разбивочных, съемочных) осуществляется на основе нормативных документов. Но характер территории (застройка, рельеф, наличие исходной геодезической основы), как и точность рекомендуемых геодезических приборов, всегда накладывают отпечаток на проект будущей сети.

Если при проектировании государственной геодезической сети с использованием действующих инструкций, как правило, создаются качественные сети, то среди запроектированных сетей сгущения, съемочных и разбивочных сетей часто встречаются построения, хотя и удовлетворяющие требованиям инструкций на необходимую точность измерений, но имеющие недостаточную точность определения положения пунктов, что вызвано их плохой геометрией. Поэтому важна оценка качества построения геодезических сетей на стадии проектирования – до выполнения полевых работ.

В связи с развитием компьютерных технологий стало возможным при проектировании геодезических сетей использовать алгоритмы строгих способов уравнительных вычислений. Сегодня известны следующие способы математической обработки результатов геодезических измерений: параметрический, коррелатный, рекуррентный, видоизмененные, комбинированные и упрощенные. Строгие способы уравнивания позволяют решать следующие задачи:

а) уравнивание геодезических сетей на основе метода наименьших квадратов;

б) уравнивание обширных геодезических сетей с использованием так называемого «подвижного блока»;

в) задачи оптимального проектирования геодезических сетей произвольной конструкции

и главное:

г) учёт погрешностей исходных данных (что важно при поэтапном развитии геодезических сетей).

1. Применение рекуррентного способа уравнивания для предварительного расчета точности проектов геодезических сетей. В настоящее время многие специалисты в области математической обработки результатов геодезических измерений занимаются анализом чисел обусловленности. В их исследованиях наметилось два основных направления – предрасчет чисел обусловленности по схеме геодезической сети и установление допусков на величину чисел обусловленности.

Числа обусловленности применимы для получения характеристик геодезических сетей с недостаточным числом необходимых исходных данных.

Еще одна возможность применения чисел обусловленности – исследование влияния отдельных факторов на качество сети в целом, изменяя в модели геодезической сети лишь элементы, соответствующие влиянию конкретного фактора и вычисляя их, можно получить количественную величину этого влияния на качество.

Рассмотрим вопросы, связанные с вычислением спектрального числа обусловленности на основе рекуррентных формул, необходимых для предварительного расчёта чисел обусловленности различных корреляционных матриц.

Рекуррентные формулы обычно просты, и их можно успешно использовать при проектировании геодезических сетей, анализируя их качество без использования строгих способов уравнивания, т.е. не прибегая к вычислениям на персональных компьютерах.

Научно обоснованное проектирование геодезических измерений предусматривает составление оптимального плана работ. Такой план призван обеспечить получение искомых величин с необходимой точностью. Особенно это важно для инженерно-геодезических сетей и сетей специального назначения. При решении этих задач применяют методы математического программирования. Важными критериями оптимальности планов являются числа обусловленности [1].

Для характеристики матрицы нормальных уравнений, с точки зрения ее обусловленности, существуют различные качественные показатели, называемыми числами обусловленности. Числа обусловленности играют решающую роль при оценке результатов решения систем уравнений [1].

В зависимости от принятой нормы, числа обусловленности могут быть определены различными способами. Наиболее часто используются следующие числа: число обусловленности (1), числа Тюринга (2) и (3), число Тодда (4) и спектральное число обусловленности (5):

$$C_1 = \|\mathrm{K}\|_1 \cdot \|\mathrm{K}^{-1}\|_1, \tag{1}$$

$$C_2 = \frac{1}{n}\mathrm{N}(\mathrm{K}) \cdot \mathrm{N}(\mathrm{K}^{-1}), \tag{2}$$

$$C_3 = \frac{1}{n}\mathrm{M}(\mathrm{K}) \cdot \mathrm{M}(\mathrm{K}^{-1}), \tag{3}$$

$$C_4 = \frac{|\lambda_1|}{|\lambda_2|}, \tag{4}$$

$$C_5 = \frac{\sigma_1}{\sigma_2}, \tag{5}$$

где K – симметричная матрица;

K^{-1} – обратная матрица;

$\|\mathrm{K}\|_1$ – первая норма матрицы [2];

n – порядок матрицы K;

$\mathrm{N}(\mathrm{K}) = \sqrt{S_{\mathrm{P}}(\mathrm{A}^{\mathrm{T}}\mathrm{A})}$; $\mathrm{M}(\mathrm{K}) = n \cdot \max(a_{i,j})$;

$|\lambda_1|$, $|\lambda_2|$ – максимальное и минимальное по модулю собственные значения матрицы K;

σ_1, σ_2 – максимальное и минимальное сингулярные числа матрицы K.

Числа обусловленности зависят от следующих факторов: числа определяемых и исходных пунктов, нарушения сплошности геодезической сети, формы геометрических фигур сети, состава измерений, расположения исходных пунктов, соотношения точности измерений.

Спектральное число обусловленности используется наиболее часто и является одним из самых надежных [1]. Чем больше число обусловленности, тем менее устойчива матрица нормальных уравнений.

Экспериментальные исследования и их анализ. Предлагаем рекуррентные формулы для вычисления спектрального числа обусловленности C_5 для различных корреляционных матриц K размера $n \times n$.

Рассмотрим матрицу

$$\mathrm{K}_{n\times n} = \begin{pmatrix} 1 & r & r & ... & r \\ r & 1 & r & ... & r \\ r & r & 1 & ... & r \\ ... & ... & ... & ... & ... \\ r & r & r & ... & 1 \end{pmatrix}. \tag{6}$$

Для любых r Î 1 и $n > 2$ найдена рекуррентная формула для определения спектрального числа обусловленности для матрицы (6)

$$C_5 = n\left(\frac{r}{r-1}\right) - 1. \tag{7}$$

***Синякина Наталья Васильевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии Брестского государственного технического университета.*
Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.
***Будо Андрей Юрьевич**, аспирант кафедры прикладной геодезии и фотограмметрии Полоцкого государственного университета.*
***Крейда Николай Николаевич**, инженер-геодезист ОАО «Минскпромстрой», соискатель кафедры прикладной геодезии и фотограмметрии Полоцкого государственного университета.*
Беларусь, ПГУ, 211440, г. Новополоцк, ул. Блохина, 29.

Для матрицы

$$\mathrm{K}_{n\times n}=\begin{pmatrix}1 & r & r & \dots & 0\\ r & 1 & r & \dots & r\\ r & r & 1 & \dots & r\\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots\\ 0 & r & r & \dots & 1\end{pmatrix}_{n\times n} \tag{8}$$

получена следующая формула

$$C_5 = rS+1, \tag{9}$$

значения коэффициента S приведены в таблице 1.

Таблица 1. Величины S для различных значениях n

n	3	4	5	6	10
S	$\sqrt{2}$	2,56	3,64	4,70	8,82

Вычислим спектральное число обусловленности $\boldsymbol{u}_5$ для симметричной матрицы K (см. формулу (6)) с тремя нулями в нижнем левом и верхнем правом углах матрицы, аналогичной (8). В этом случае при n = 3 матрица $\mathrm{K}_{3\times 3}=E$, для которой $\boldsymbol{u}_5$ = 1. Остальные значения $\boldsymbol{u}_5$ при разных значениях r приведены в таблице 2.

Рекуррентная формула для вычисления $\boldsymbol{u}_5$ по данным таблицы 2 будет аналогична равенству (7).

В таблице 3 приведены $\boldsymbol{u}_5$ для матрицы K с шестью нулями в нижнем левом и верхнем правом углах матрицы. В этом случае при n = 4 матрица $\mathrm{K}_{4\times 4}=E$ (единичной матрице), для которой $\boldsymbol{u}_5$ при разных значениях r приведены в таблице 3.

Исследования показали, что поиск рекуррентной формулы для вычисления $\boldsymbol{u}_5$ по данным таблицы 3 проблематичен.

Найти рекуррентную формулу для спектрального числа обусловленности $\boldsymbol{u}_5$ для матрицы (8), аналогичную (7), не удалось.

Таким образом, рекуррентная формула (7) может найти широкое применение в геодезии для вычисления $\boldsymbol{u}_5$ в корреляционных (содержащих на диагонали единицы) матрицах. Такие матрицы характерны для геодезических сетей, создаваемых спутниковыми методами.

2. Анализ изоповерхностей целевой функции для пространственных геодезических засечек. Различные виды засечек широко используются при производстве топографических съемок, при выполнении разбивочных работ и при выверке строительных конструкций и технологического оборудования.

Теоретическое обоснование целесообразности применения методов нелинейного программирования для поиска и фильтрации грубых погрешностей измерений в геодезических построениях дано во многих работах [3, 4, 5], что позволяет использовать целевую функцию на всех этапах математической обработки результатов геодезических измерений.

Вычисление предварительных координат, уравнивание геодезических сетей и оценку точности можно выполнить путём минимизации целевой функции. Для этих целей можно использовать следующие методы нелинейного программирования: слепого поиска, релаксации, градиентный метод спуска, метод Ньютона с использованием матрицы Гессе, модифицированный метод Ньютона с использованием Якобиана и метод Гаусса [*4*].

Профессор д.т.н. В.И. Мицкевич предложил поиск эллипса погрешностей по изолиниям целевой функции методами нелинейного программирования. Сущность метода заключается в следующем. Допустим, что минимизация целевой функции завершена в некоторой точке, тогда эллипсом погрешностей будет служить изолиния, значение целевой функции для которой будет иметь некоторое приращение $\Delta\boldsymbol{\Lambda}$ относительно точки минимума. Уравнение изолинии в пространстве, согласно теореме П. Веркмейстера, будет таким: $\boldsymbol{\Lambda}\left(x,y,z\right)=const$. Ориентировка эллипса погрешностей определяется прямым поиском с использованием вспомогательной окружности путём минимизации целевой функции по касательной к окружности. Полуоси эллипса погрешностей получаются путём минимизации целевой функции, которая будет равна нулю во всех точках изолинии, отождествляемой с эллипсом погрешностей. Минимизация функции выполняется методами нелинейного программирования по главным направлениям полуосей эллипса погрешностей.

Преимущества данного способа в том, что он позволяет находить элементы эллипсов погрешностей при различных целевых функциях в соответствии с принятым приращением целевой функции $\Delta\boldsymbol{\Lambda}$ [4].

Алгоритмы оценки точности положения пунктов с помощью эллипсов погрешностей применяются при проектировании геодезических сетей. Например, программа OZENKA используется в учебном процессе на геодезическом факультете Полоцкого государственного университета, а также при оценке проектов и уравнивании геодезических сетей в программном комплексе CREDO (СП «Кредо-Диалог» г. Минск), который является одним передовых программных продуктов на территории РБ и РФ.

Решение, уравнивание и оценка точности пространственных геодезических засечек подробно рассматривались в [3]. Без метода слепого поиска невозможна автоматизация процесса вычисления предварительных координат в таких методах, как методы Гаусса и Ньютона, требующих достаточно точных начальных координат.

В настоящей статье анализируются изоповерхности целевой функции

$$\boldsymbol{\Lambda}\left(x,y,z\right)=\sum_{i=1}^{N}\left(P_n\right)_i\left|L_i\left(x,y,z\right)\right|^n \tag{10}$$

для пространственной линейной засечки с целью определения области сходимости итераций. Последнее является очень важным для нахождения начального значения координат точки в пространстве. Пространственная линейная засечка является одним из способов определения координат пунктов геодезической сети, измерения в которой выполнены с помощью электронных тахеометров.

Таблица 2. Значения $\boldsymbol{u}_5$ при различных значениях n и r

n	r = 2	r = 3	r = 4	r = 5	r = 6	r = 7	r = 8	r = 9	r = 10
4	17,9	6,85	5,08	4,35	3,95	3,70	3,53	3,41	3,32
5	91,8	25,3	15,0	11,9	10,5	9,63	9,06	8,67	8,37
6	67,6	45,3	24,0	18,6	16,2	14,8	13,8	13,2	12,7

Таблица 3. Значения $\boldsymbol{u}_5$ при различных значениях n и r

n	r = 2	r = 3	r = 4	r = 5	r = 6	r = 7	r = 8	r = 9	r = 10
5	4,47	6,20	7,93	9,66	11,4	13,1	14,8	16,6	18,3
6	68,0	31,5	17,6	13,8	12,0	11,0	10,3	9,86	9,51

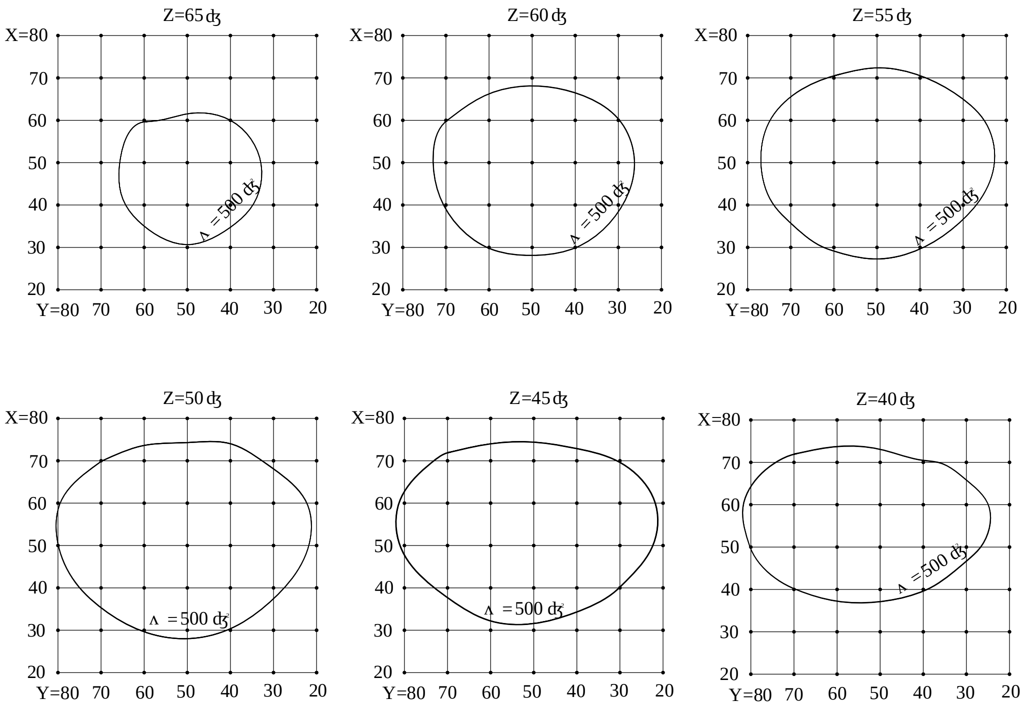

Рис. 1. Изолинии для целевой функции $\Lambda\,(x, y, z)$ = 500 м^2

Особенности минимизации целевой функции в пространственной системе координат. Рассмотрим решение наземной пространственной линейной засечки со следующими исходными данными:

- координаты исходных пунктов: $x_1 = y_1 = z_1 = 0$; x_2 = 80 м; y_2 = 45 м; z_2 = 0 м;
- x_3 = 0 м; y_3 = 90 м; z_3 = 0 м;
- результаты измерений длин линий от исходных пунктов на определяемый пункт: S_1 = 89,525 м; S_2 = 59,312 м; S_3 = 82,529 м.

Начальные координаты пункта для выполнения приближений методами нелинейного программирования [5] найдём методом слепого поиска. С этой целью построим регулярную сетку для различных значений z и различных координат x, y (см. рис. 1). Здесь приведены изолинии для $\Lambda\,(x, y, z)$ = 500 м^2.

Полная картина изоповерхностей Λ =const в четырёхмерном пространстве показана на рис. 2.

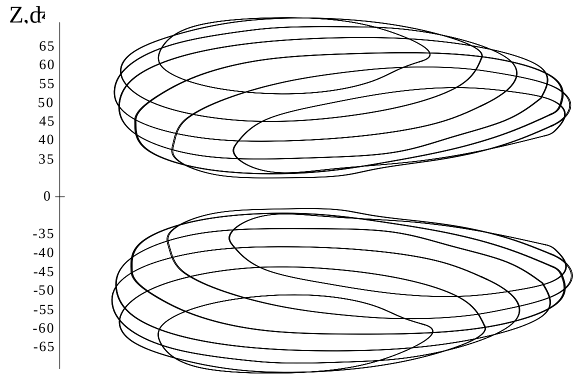

Рис. 2. Изолинии для целевой функции $\Lambda\,(x, y, z)$ = const

На основе рис. 2 можно сделать вывод, что пространственная линейная засечка неоднозначна (имеется два симметричных минимума целевой функции с координатами: $x_{\mathrm{I}} = y_{\mathrm{I}} = z_{\mathrm{I}}$ = 51,69 м и $x_{\mathrm{II}} = y_{\mathrm{II}}$ = 51,69 м, z_{II} = –51,69 м), а также видно, что изоповерхности функции Λ =500 м^2 представляют два трёхосных эллипсоида, разделённых поверхностью $x = y = z$ = 0.

Если целевая функция имеет локальный минимум, то поиск глобального минимума должен выполняться с учётом ограничений на область допустимых значений параметров.

Наиболее просто учитываются ограничения методом штрафных функцией следующим путём:

1. В исходной информации указывают z_0 для барьерной уровенной поверхности.
2. Задают координаты начальной точки минимизации 1 (x_{I}, y_{I}, z_{I}) в допустимой области решений с учётом всех используемых ограничений.
3. Вычисляют вспомогательный коэффициент

$$sign_1 = \begin{cases} 1, \text{если } z_I \geq z_0 \\ -1, \text{если } z_I < z_0 \end{cases} \qquad (11)$$

значение которого не изменяют на протяжении всех итераций.

4. Для некоторой исследуемой точки x_P, y_P, z_P вычисляют коэффициент

$$sign_2 = \begin{cases} 1, \text{если } z_P \leq z_0 \\ -1, \text{если } z_P > z_0 \end{cases} \qquad (12)$$

Точка 1 (x_{I}, y_{I}, z_{I}) и точка P (x_P, y_P, z_P) будут лежать в одной области, если $sign_1 + sign_2 = 0$.

Заключение. На основе проведенных эксперементально-теоретических исследований можно сделать следующие выводы:

1. Числа обусловленности позволяют охарактеризовать качество проектируемых геодезических сетей. Спектральное число обусловленности можно вычислять с помощью рекуррентных формул.
2. Предложена рекуррентная формула (7) для вычисления спектрального числа обусловленности, которое может быть использовано при оценке качества плановых и пространственных инженерно-геодезических сетей, создаваемых спутниковыми методами. Чем меньше это число, тем выше точность определения положения пунктов геодезической сети.
3. Решение пространственных геодезических засечек, которые широко используются при выполнении съемочных и разбивоч-

ных работ, следует сопровождать анализом изоповерхностей целевой функции.

4. Методика построения изоповерхностей может осуществляться слепым поиском независимо от вида целевой функции и типа пространственной засечки. Изоповерхности близкие к шару или эллипсоиду позволяют судить об обусловленности матриц Гессе.
5. Пространственные линейные засечки должны решаться с применением штрафных функций, с целью нахождения глобального минимума.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Герасименко, М.Д. Проектирование и обработка измерений с применением собственных значений матриц / М.Д. Герасименко. – Владивосток, 1982. – 224 с.
2. Гантмахер, Ф.Р. Теория матриц / Ф.Р.Гантмахер – М.: Наука, 1967. – 578 с.
3. Грищенков, Е.В. Решение, уравнивание и оценка точности пространственных геодезических засечек методом Lp-оценок / Е.В. Грищенков, Л.Ф. Зуева, Н.В. Синякина // Вестник Брестского госуд. ун-та.– 2007. – №5(47): Физика, математика, информатика. – С. 49–50.
4. Мицкевич, В.И. Математическая обработка геодезических сетей методами нелинейного программирования / В.И.Мицкевич – Новополоцк: Полоцкий госуд. ун-т, 1997. – 64 с.
5. Химмельблау, Д.М. Прикладное нелинейное программирование / Д.М. Химмельблау: пер. с англ. – М.: Мир, 1975. – 534 с.

[illegible] 29.01.10

BUDO A.Y., ZUEVA L.F., KREJDA N.N., SINIAKINA N.V. Quality analysis of projected planned and spatial breaking geodetic nets on the basis of equation calculation methods

Two trends of research are considered in the article.

1) About precalculation of spectral number of conditionality for symmetric correlation matrixes. The number of conditionality plays a main role at an estimation of results of the decision of systems of the equations irrespective of as we apply it with use of own values of matrixes. The decision of an algebraic problem of own values play a fundamental role not only in the theory of matrixes, but also in many other things areas, as mathematics, and in applied sciences. Development of recurrent formulas for the decision of a task in view allows to automate calculation of number of conditionality. However, it is possible only for some correlation matrixes.

2) Analysis isosurface of criterion function for spatial geodetic notches in three-dimensional system of coordinates. It is considered the basic methods of the analysis and the decision of a task for spatial notches. The technique of construction isosurface in three-dimensional system of coordinates in four-dimensional space is offered. The method of penal functions, by a universal method solving the task possessing property of a duality is offered.

[illegible] 624.012

[illegible]

[illegible]

Введение. В настоящее время в связи с переходом на строительство монолитных каркасов, особенно в высотном строительстве, актуальным является выполнение предварительного напряжения перекрытий в построечных условиях. Для этих целей широко применяют постнапряженные конструкции с натяжением напрягающих элементов на бетон.

Введение в Республике Беларусь европейских норм проектирования, или так называемых «Конструкционных Еврокодов» (Structural Eurocodes), требует разработки Национальных Приложений, в рамках которых должны быть определены национальные параметры и требования к расчетам (National Determined Parameters, NDP).

Нормирование приращений в напрягаемой арматуре без сцепления с бетоном в предельной стадии – одно из этих требований. Следует отметить, что в отличие от норм ряда стран и предложений отдельных исследователей, EN1991-1-1[12] рекомендует принимать постоянное значение $\Delta f_{ps} = 100$ [illegible]. В представленной статье рассмотрены и проанализированы предложения и рекомендации различных норм и исследователей на фоне опытных данных, а также сформулированные теоретические предпосылки, рекомендуемые для расчета приращений напряжений в арматуре без сцепления на основе модифицированной блочной модели.

1. Анализ предложений по расчету изгибаемых предварительно напряженных элементов без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном. При отсутствии сцепления арматуры с окружающим бетоном приращение напряжений в арматуре от действия эффектов от нагрузки распределяется одинаково по всей длине стержня. Это обстоятельство изменяет характер трещинообразования элементов, ведет к увеличению прогибов и ширины раскрытия трещин. При этом разрушение таких элементов происходит, как правило, при меньших нагрузках в результате раздавливания бетона сжатой зоны. Прочностные свойства напрягаемой арматуры зачастую оказываются недоиспользованными [4].

Несмотря на то, что бетонные элементы, подвергаемые предварительному обжатию арматурой без сцепления с бетоном, в большинстве случаев имеют конструктивное армирование, его в большинстве случаев не учитывают в расчетах. Вместе с тем, если часть арматуры (напрягаемой или ненапрягаемой) имеет сцепление с бетоном, это может существенно повлиять на характер трещинообразования и разрушения такого элемента.

Чтобы оценить сопротивление элемента со смешанным армированием в предельном состоянии, необходимо определить прирост напряжений в свободной арматуре (арматуре, не имеющей сцепления с бетоном).

Согласно Politalski [14], польские нормы [13] и Eurocode 2 [12] рекомендуют принимать прирост напряжений в арматуре без сцепления в предельном состоянии равным 100МПа. Аналогичное значение было принято и в старых американских нормах ACI 318-63. Актуальное издание этих норм [11] рекомендует рассчитывать величину приращения напряжений как зависимость от трех параметров: прочности на сжатие бетона, коэффициента армирования преднапряженной арматурой и отношения пролета к высоте элемента.

$$\Delta f_{ps} = 70 + f_c^l/(100 \cdot \rho_p) \leq 420 \text{ [illegible] } L/d_p \leq 35$$

$$\Delta f_{ps} = 70 + f_c^l/(300 \cdot \rho_p) \leq 200 \text{ [illegible] } L/d_p \succ 35 \quad (1)$$

Очевидно, что уравнения, предлагаемые ACI [11], позволяют обеспечить прирост напряжений в предельной стадии в достаточно

Тур Светлана Александровна, аспирант кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.