

УДК 528.48:656.71

DOI: 10.33764/2411-1759-2021-26-1-38-44

НЕДОСТАТКИ НОРМИРОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ВЫСОТ В СП 121.13330.2019 «АЭРОДРОМЫ», АКТУАЛИЗИРОВАННОЙ РЕДАКЦИИ СНИП 32-03–96

Анатолий Аксентьевич Побережный

Югорский государственный университет, 628012, Россия, г. Ханты-Мансийск, ул. Светлая, 25/2, кандидат технических наук, доцент Института нефти и газа, тел. (908)880-72-08, e-mail: AA_Poberegny@mail.ru

Опираясь на требования действующих нормативно-правовых и нормативно технических документов, регулирующих выполнение инженерно-геодезических изысканий для строительства, рассмотрены недостатки нормирования точности высот в СП 121.13330.2019 «Аэродромы», актуализированной редакции СНИП 32-03–96. Обращается внимание на неоднозначность приведенных норм точности высот, что приводит к их вольному толкованию при расчете точности разбивочной основы, внутренней разбивочной сети, разбивочных работ и контрольных геодезических измерений. Высказывается сомнение в их обоснованности. Для иллюстрации применения установленных норм точности приведен пример расчета точности высотных разбивочных работ и контрольных геодезических измерений, внутренних высотных разбивочных сетей и разбивочной основы при устройстве конструктивных слоев искусственных оснований и покрытий аэродрома с применением метода «ничтожного влияния» и с учетом точности технологических процессов. Даются предложения по улучшению качества нормирования точности высот для возведения аэродромов.

Ключевые слова: аэродром, инженерно-геодезические изыскания, точность высот, расчет точности, разбивочная основа, внутренние сети, разбивочные работы, контрольные геодезические измерения, средняя квадратическая погрешность, предельная допустимая погрешность, уровень ответственности, доверительная вероятность

Введение

Согласно действующим нормативно-правовым и нормативно-техническим документам [1–4] аэродром является особо опасным и технически сложным объектом, относится к сооружениям класса КС-3, для которых установлен I (повышенный) уровень ответственности. Уровень ответственности должен учитываться при определении состава и точности выполнения инженерных изысканий для проектирования и при строительстве сооружений.

При проектировании сооружений учет уровня ответственности осуществляется путем умножения расчетных данных на установленный для данного уровня ответственности коэффициент надежности. При выполнении инженерно-геодезических изысканий учет уровня ответственности реализуется путем установления соответствующей доверительной вероятности. Выполнением расчетов и измерений с установленной доверительной вероятностью обеспечивается надежность результатов геодезических измерений, соответствующая установленному уровню ответственности. На объектах I (повышенного) уровня ответственности

они, как правило, выполняются с доверительной вероятностью (P) не менее 0,997, II (нормального) уровня ответственности – не менее 0,95, III (пониженного) уровня ответственности – не менее 0,90. Это учитывается при расчете точности и плотности опорной сети, разбивочной основы, внутренних разбивочных сетей, при выполнении разбивочных работ и контрольных геодезических измерений.

Нормирование высот в СП 121.13330.2019 «Аэродромы»

С 31 июля 2019 г. введен в действие СП 121.13330.2019 «Аэродромы», актуализированная редакция СНИП 32-03–96 [5]. Постановлением Правительства РФ [6] с 1 августа 2020 г. вступил в силу Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона [3]. В перечень включена большая часть положений СП 121.13330.2019, в том числе раздел 7, где в табл. 7.1 приведены требования к точности высот.

Нормативный документ для «слоев искусственных оснований и покрытий» устанавливает, что «не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений до ± 15 мм, остальные – до ± 5 мм» [5]. СП 121.13330.2019, актуализированная редакция СНиП 32-03–96 «Аэродромы», к сожалению, сохранил недостатки всех своих предшественников [7, 8]. Нормативные требования к точности и надежности высот представлены в форме, допускающей их неоднозначное толкование, и требуют дополнительных комментариев и разъяснений, о чем сказано в работе [9]. Так как в нормативно-технических документах принято приводить предельные допустимые погрешности, то можно предположить, что приведенная в табл. 7.1 величина отклонения высот от их проектных значений 5 мм также является предельной допустимой погрешностью. В таком случае, эта норма точности для всех слоев искусственного основания и покрытия выглядит завышенной, а допустимую величину выхода погрешностей за пределы поля допуска 15 мм трудно объяснить, опираясь на положения теории вероятности и математической статистики. Она в 3 раза превышает предельную допустимую погрешность, то есть это грубые погрешности, а проще говоря – брак. Участки выполненных работ с такими отклонениями высот от их проектных значений подлежат исправлению. Но нормативный документ [5] допускает такие отклонения для объекта I (повышенного) уровня ответственности. Все это

вызывает сомнения в обоснованности приведенных норм точности.

Разрешая, что 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений, превышающих предельную допустимую погрешность, нормативный документ устанавливает доверительную вероятность обеспечения высотного положения всех элементов конструкции аэродромной одежды $P = 0,95$, что соответствует II (нормальному) уровню ответственности. Назначением сводов правил является обеспечение требований национальных стандартов путем установления норм точности и технологических правил выполнения работ. В данном случае требования СП 121.13330.2019 к надежности высот вступают в противоречие с требованиями межгосударственного стандарта [4], введенного в качестве национального.

Новый нормативный документ [5] так же, как и его предшественники [7, 8], предъявляет одинаковые требования к точности высот разных конструктивных слоев аэродромной одежды. Практика производства строительных работ показывает, что разные свойства материалов, составляющих конструктивные слои, их структура и технология устройства требуют дифференцированного подхода к назначению норм точности (рис. 1). Нормативно-технический документ [4] допускает установление различных уровней ответственности для разных элементов конструкции сооружений с учетом применяемых строительных материалов и технологии выполнения работ.

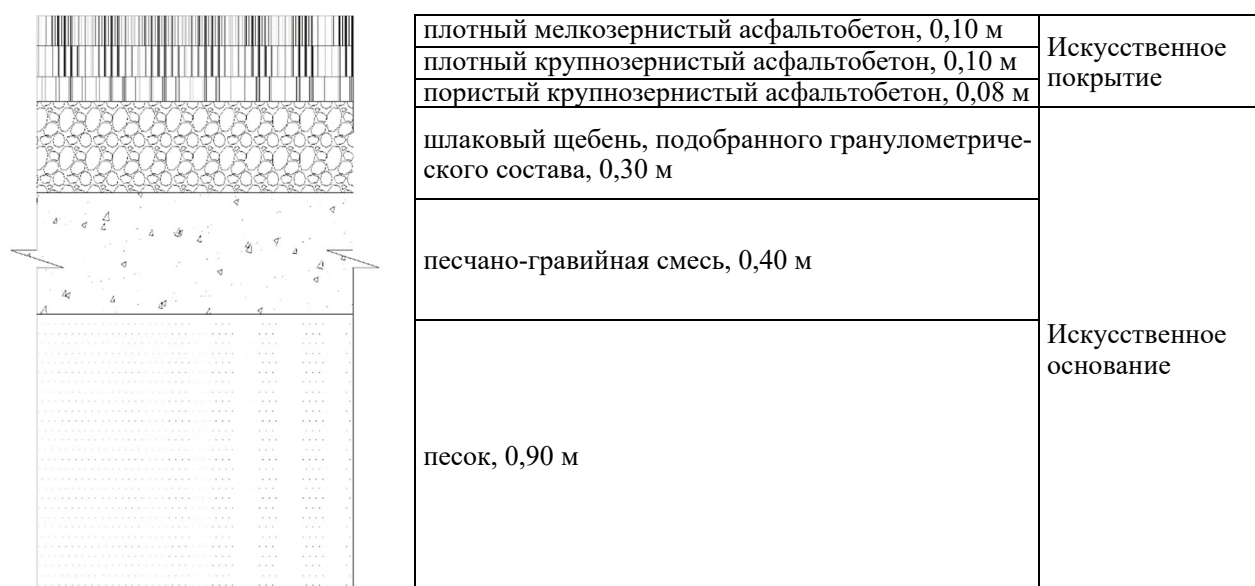


Рис. 1. Пример конструкции аэродромной одежды с асфальтобетонным покрытием

**Расчет точности
геодезических работ по обеспечению
проектного высотного положения
элементов конструкции аэродрома**

Для обеспечения проектного высотного положения элементов конструкции аэродрома в процессе строительства выполняются следующие геодезические работы:

1. Создание высотной геодезической основы.
2. Создание высотных внутренних разбивочных сетей.
3. Высотные разбивочные работы.
4. Высотные контрольные геодезические измерения.
5. Исполнительные съемки.

Точность геодезических работ в строительстве рассчитывается исходя из требований, предъявляемых к точности строительства сооружений. Решается обратная задача – имея в нормативном документе показатель точности геометрического параметра сооружения, рассчитывается точность геодезических работ. Расчет точности геодезических работ по обеспечению проектного высотного положения элементов конструкции аэродрома выполняется в следующей последовательности:

- 1) расчет точности высотных разбивочных работ;
- 2) расчет точности высотных внутренних разбивочных сетей;
- 3) расчет точности высотной разбивочной основы.

Контрольные геодезические измерения и исполнительные съемки выполняются с точностью не ниже точности высотных разбивочных работ. Полагая, что приведенная в СП 121.13330.2019 величина отклонения высот от их проектных значений 5 мм является предельной допустимой погрешностью, последовательно определим точность разбивочных работ, внутренних разбивочных сетей и разбивочной основы.

Геодезические работы должны выполняться со средней квадратической погрешностью, которая определяется через среднюю квадратическую погрешность высот, полученную из предельной допустимой погреш-

ности строительных работ (δ_c), приведенной в нормативном документе. Расчет точности геодезических работ выполним с доверительной вероятностью $P = 0,997$, соответствующей I (повышенному) уровню ответственности.

Применяя методику, приведенную в работах [9–12], сначала выполним расчет точности разбивочных работ при устройстве искусственного покрытия с доверительной вероятностью $P = 0,997$. Для перехода от предельной погрешности (δ_c) к средней квадратической погрешности (m_c) применим формулу $m_c = \delta_c / 3$. Чтобы получить среднюю квадратическую погрешность разбивочных работ, применим метод с учетом точности технологических процессов [11] для коэффициентов точности $T_{II} = 1,0$, $T_{II} = 1,5$, $T_{II} = 2,0$, приняв вероятную величину выхода погрешностей за границу поля допуска $C = 20 \%$.

Используя показатели точности разбивочных работ (табл. 1), определим точность внутренней разбивочной сети, необходимой для выполнения разбивочных работ, с доверительной вероятностью $P = 0,997$.

Таблица 1

Точность разбивочных работ

| Вид погрешности | Допустимые погрешности разбивочных работ, вычисленные с учетом точности технологических процессов, мм | | |
|-----------------|---|----------------|----------------|
| | $T_{II} = 1,0$ | $T_{II} = 1,5$ | $T_{II} = 2,0$ |
| | $C = 20 \%$ | $C = 20 \%$ | $C = 20 \%$ |
| m_p | 1,42 | 1,67 | 1,67 |
| δ_p | 4,25 | 5,00 | 5,00 |

В соответствии с методикой, приведенной в работах [9, 10], точность высот реперов внутренней разбивочной сети определим при условии пренебрегаемого влияния их погрешностей на разбивочные работы. Вычисления выполним с коэффициентами пренебрегаемого влияния 0,63 ($m_m = 20 \%$), 0,45 ($m_m = 10 \%$) и с учетом точности технологических процессов.

Точность разбивочной основы определим исходя из точности внутренней разбивочной сети (табл. 2) при условии пренебрегаемого

влияния на точность высот реперов внутренней разбивочной сети с коэффициентами пренебрегаемого влияния 0,63 ($m_m = 20\%$) и 0,45 ($m_m = 10\%$) и с учетом точности технологических процессов.

Таблица 2

Точность внутренней разбивочной сети

| $\frac{m_m}{m}$, % | Вид погрешности | Допустимые погрешности высот, вычисленные с учетом точности технологических процессов, мм | | |
|---------------------|-------------------|---|----------------|----------------|
| | | $T_{II} = 1,0$ | $T_{II} = 1,5$ | $T_{II} = 2,0$ |
| 10 | м _{р.с.} | 0,64 | 0,75 | 0,75 |
| | δ _{р.с.} | 1,92 | 2,25 | 2,25 |
| 20 | м _{р.с.} | 0,89 | 1,05 | 1,05 |
| | δ _{р.с.} | 2,68 | 3,16 | 3,16 |

Определить высоты пунктов геодезической разбивочной основы с точностью, приведенной в табл. 3, можно только применением метода геометрического нивелирования. Зная средние квадратические погрешности высот пунктов разбивочной основы и внутренней разбивочной сети, можно установить, какому классу точности нивелирования должны соответствовать работы по определению их высот и какие предельные длины ходов можно допускать при их создании методом геометрического нивелирования. Для этого, как в работах [9, 10], воспользуемся формулами предельных допустимых невязок в ходах геометрического нивелирования различных классов, которые

установлены нормативно-техническим документом [13]:

$$IV \text{ класс: } f_{\text{пред}} = 20 \text{ мм} \sqrt{L_{\text{км}}};$$

$$III \text{ класс: } f_{\text{пред}} = 10 \text{ мм} \sqrt{L_{\text{км}}};$$

$$II \text{ класс: } f_{\text{пред}} = 5 \text{ мм} \sqrt{L_{\text{км}}},$$

где L – длина хода в километрах.

Таблица 3

Точность высотной разбивочной основы

| $\frac{m_m}{m}$, % | Вид погрешности | Допустимые погрешности высот, вычисленные с учетом точности технологических процессов, мм | | |
|---------------------|-------------------|---|----------------|----------------|
| | | $T_{II} = 1,0$ | $T_{II} = 1,5$ | $T_{II} = 2,0$ |
| 10 | м _{р.о.} | 0,29 | 0,34 | 0,34 |
| | δ _{р.о.} | 0,86 | 1,01 | 1,01 |
| 20 | м _{р.о.} | 0,56 | 0,66 | 0,66 |
| | δ _{р.о.} | 1,68 | 1,98 | 1,98 |

По предельным допустимым погрешностям высот реперов внутренней разбивочной сети и разбивочной основы (см. табл. 2, 3), используя формулу связи между невязкой и погрешностью высот в слабом месте хода после уравнивания (предельной погрешностью) $f_{\text{пред}} = 2\delta$, вычислим предельные невязки. Подставляя полученные значения в соответствующие формулы предельных допустимых невязок, получим предельные длины ходов геометрического нивелирования. Результаты вычислений приведены в табл. 4. Вычисления выполнены для значений $m_m = 10\%$ и $m_m = 20\%$.

Таблица 4

Предельные длины ходов геометрического нивелирования при создании высотных разбивочных сетей

| $\frac{m_m}{m}$, % | T_{II} | Внутренняя разбивочная сеть | | | | Разбивочная основа | | | |
|---------------------|----------|-----------------------------|-----------------------|-----------|----------|------------------------|-----------------------|-----------|----------|
| | | $f_{\text{пред}}$, мм | $L_{\text{пред}}$, м | | | $f_{\text{пред}}$, мм | $L_{\text{пред}}$, м | | |
| | | | IV класс | III класс | II класс | | IV класс | III класс | II класс |
| 10 | 1,0 | 3,84 | 40 | 150 | 590 | 1,72 | – | 30 | 120 |
| | 1,5 | 4,50 | 50 | 200 | 800 | 2,02 | 10 | 40 | 160 |
| | 2,0 | 4,50 | 50 | 200 | 800 | 2,02 | 10 | 40 | 160 |
| 20 | 1,0 | 5,36 | 70 | 290 | 1150 | 3,36 | 100 | 110 | 450 |
| | 1,5 | 6,32 | 100 | 400 | 1600 | 3,96 | 150 | 160 | 630 |
| | 2,0 | 6,32 | 100 | 400 | 1600 | 3,96 | 150 | 160 | 630 |

Предельные длины ходов, вычисленные при $m_m = 10 \%$, практически невозможны, поэтому следует принять длины ходов, полученные с коэффициентом пренебрегаемого влияния $0,63$ ($m_m = 20 \%$).

Данные, приведенные в табл. 4, показывают, что требования к точности высот при возведении аэродромов, установленные СП 121.13330.2019 «Аэродромы», можно обеспечить созданием локальной высотной разбивочной основы с точностью определения высот реперов, соответствующей II классу. При создании разбивочной основы методом геометрического нивелирования длины ходов не должны превышать 600 м (см. табл. 4), а реперы необходимо располагать на расстоянии 200–300 м, чтобы обеспечить возможность создания внутренних разбивочных сетей. Внутренние разбивочные сети необходимо создавать с точностью, соответствующей III классу. При создании внутренних разбивочных сетей методом геометрического нивелирования III класса длины ходов не должны превышать 400 м (см. табл. 4), а реперы разбивочных сетей должны располагаться друг от друга на расстоянии не более 100 м [9].

Характеристики разбивочной основы и внутренних разбивочных сетей, обеспечивающих выполнение требований СП 121.13330.2019 к точности высот, получены с коэффициентами точности технологических процессов $T_{II} = 1,5$, $T_{II} = 2,0$ (см. табл. 4). Коэффициент точности технологических процессов характеризует достигнутый строительной организацией уровень точности строительных работ. Он вычисляется по формуле $T_{II} = \delta_n / m_{\text{тех}}$, где δ_n – нормированная предельная допустимая погрешность строительства, $m_{\text{тех}}$ – средняя квадратическая погрешность результата строительных работ [9, 11]. Отсюда следует, что строительная организация, выполняющая

работы, должна хорошо владеть технологией производства работ по возведению аэродромов и в ее штате должны быть специалисты, имеющие опыт выполнения высокоточных геодезических работ.

Заключение

Расчеты точности геодезических работ по обеспечению проектных высот при возведении аэродромов выполнены, полагая, что приведенные в нормативном документе отклонения от проектных значений, равные 5 мм, являются предельными допустимыми погрешностями. Возможно, что авторы нормативного документа [5] таким образом установили средние квадратические отклонения от проектных значений. Тогда установленная величина 15 мм вполне логична, как предельная погрешность, $\delta = 3m$, а требования к точности разбивочной основы, внутренних разбивочных сетей, разбивочных работ будут более реальными.

Окончательные выводы о необходимой точности и методах геодезического обеспечения высотного положения аэродромов можно сделать после устранения недостатков СП 121.13330.2019 «Аэродромы» по нормированию высот:

1. Установить обоснованные нормы точности высот в форме, не допускающей неоднозначного толкования.
2. Требования к надежности высот при возведении аэродромов следует привести в соответствие с нормативно-правовыми и нормативно-техническими документами [1–4].
3. Установить дифференцированные требования к надежности и точности высот различных элементов конструкции аэродромной одежды, учитывая разные материалы, структуру и технологию устройства конструктивных слоев.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воздушный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : закон Российской Федерации № 60–ФЗ от 19.03.1997. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : закон Российской Федерации № 190-ФЗ от 29.12.2004. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс] : закон Российской Федерации № 384-ФЗ от 30.12.2009. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

4. ГОСТ 27751–2014. Надежность строительных конструкций и оснований [Электронный ресурс] : межгосударственный стандарт от 14.11.2014. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. СП 121.13330.2019. Аэродромы, актуализированная редакция СНиП 32-03–96 [Электронный ресурс] : свод правил от 30.01.2019. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [Электронный ресурс] : постановление Правительства РФ № 985 от 04.07.2020. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
7. СП 121.13330.2012. Аэродромы, актуализированная редакция СНиП 32-03–96 [Электронный ресурс] : свод правил от 30.06.2012. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
8. СНиП 32-03–96. Аэродромы [Электронный ресурс] : строительные нормы и правила от 30.04.1996. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
9. Побережный А. А. Обоснование точности геодезических работ по обеспечению высотного положения взлетно-посадочных полос аэродромов : автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Новосибирск : СГГА, 2009. – 20 с.
10. Побережный А. А. Учет точности строительных процессов при создании высотных разбивочных сетей для возведения аэродромов // Геодезия и картография. – 2009. – № 2. – С. 14–18.
11. Столбов Ю. В. Теоретические основы и методы расчета точности разбивочных работ и геодезического контроля качества возведения зданий и сооружений : научный доклад на соискание ученой степени д-ра техн. наук. – Омск : ОмГТУ, 1998.
12. Столбов Ю. В., Столбова С. Ю., Зотов Р. В., Побережный А. А. О регламентации точности высотного положения оснований и покрытий взлетно-посадочных полос аэродромов в нормативных документах // Вестник СибАДИ. – 2015. – № 6. – С. 81–85.
13. ГКИНП (ГНТА)-03-010–03. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. – М. : ЦНИИГАиК, 2004.

Получено 07.09.2020

© А. А. Побережный, 2021

DISADVANTAGES OF HEIGHT ACCURACY REGULATION IN SP 121.13330.2019 "AERODROMES", ACTUALIZED EDITION SNiP 32-03–96

Anatoliy A. Poberezhny

Yugra State University, 25/2, Svetlaya St., Khanty-Mansiysk, 628012, Russia, Ph. D., Associate Professor, Institute of Oil and Gas, phone: (908)880-72-08, e-mail: AA_Poberegny@mail.ru

Based on the requirements of the current regulatory and technical documents governing the fulfillment of engineering and geodetic surveys for construction, the disadvantages of standardizing the accuracy of heights in SP 121.13330.2019 "Aerodromes", actualized edition SNiP 32-03–96 are considered. Attention is drawn to the ambiguity of the given norms for the accuracy of heights, which leads to their free interpretation when calculating the accuracy of the alignment base, the internal alignment network, layout work, and control geodetic measurements. Doubts are expressed to their validity. To illustrate the application of the established accuracy standards, there is given an example of calculating the accuracy of high-altitude layout works and control geodetic measurements, internal high-altitude layout networks and a grid base when constructing structural layers of artificial foundations and aerodrome coatings using the "negligible influence" method and taking into account the accuracy of technological processes. Here are suggestions on improving the quality of standardization of the accuracy of heights for the construction of airdromes.

Keywords: aerodrome, engineering and geodetic surveys, altitude accuracy, accuracy calculation, alignment base, internal networks, layout works, control geodetic measurements, root-mean-square error, maximum permissible error, level of responsibility, confidence level

REFERENCES

1. Federal Law of the Russian Federation No. 60-FZ of March 19, 1997. Air Codex of the Russian Federation. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
2. Federal Law of the Russian Federation No. 190-FZ of December 29, 2004. Urban Planning Codex of the Russian Federation. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
3. Law of the Russian Federation No. 384-FZ of December 30, 2009. Technical regulations on the safety of buildings and structures. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
4. Interstate Standard of November 14, 2014. GOST 27751–2014. Reliability of building structures and foundations. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
5. Code of Practice SP 121.13330.2019 of January 30, 2019. Aerodromes, actualized edition of SNIIP 32-03–96. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
6. Resolution of the Government of the Russian Federation No. 985 of July 4, 2020. On the approval of the list of national standards and sets of rules (parts of such standards and sets of rules), as a result of which, on a mandatory basis, compliance with the requirements of the Federal Law "Technical Regulations on the Safety of Buildings and Structures". Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
7. Code of Practice SP 121.13330.2012 of June 30, 2012. Aerodromes, actualized edition of SNIIP 32-03–96. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
8. Construction Norms and Regulations SNIIP 32-03–96 of April 30, 1996. Aerodromes. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
9. Poberezhny, A. A. (2009). Substantiation of the accuracy of geodetic works to ensure the altitude position of the runways of airfields. *Extended abstract of candidate's thesis*. Novosibirsk. 20 p. [in Russian].
10. Poberezhny, A. A. (2009). Accounting for the accuracy of construction processes when creating high-altitude layout networks for the construction of airfields. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 2, 14–18 [in Russian].
11. Stolbov, Yu. V. (1998). Theoretical foundations and methods for calculating the accuracy of layout work and geodetic quality control of the construction of buildings and structures. *Scientific report for the degree of Doctor of Engineering Sciences*. Omsk: OmSTU Publ. [in Russian].
12. Stolbov, Yu. V. Stolbova, S. Yu., Zotov, R. V., & Poberezhny, A. A. (2015). On the regulation of the accuracy of the altitude position of the bases and coverings of the runways of airfields in the regulatory documents. *Vestnik SibADI [The Russian Automobile and Highway Industry Journal]*, 6, 81–85 [in Russian].
13. Geodetic, Cartographic Instructions, Norms and Regulations GKINP (GNTA)-03-010–03 Instructions for leveling I, II, III and IV classes. (2004). Moscow: Central Research Institute of Geodesy, Aerial Survey and Cartography Publ. [in Russian].

Received 07.09.2020

© A. A. Poberezhny, 2021