

Насковец Михаил Трофимович (Республика Беларусь, г. Минск) – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой лесных дорог и организации вывозки древесины; Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, e-mail: naskovets@belstu.by).

Драчиловский Александр Иванович (Республика Беларусь, г. Минск) – ассистент кафедры лесных дорог и организации вывозки древесины; Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова 13а, e-mail: drachilovskii@belstu.by).

Дини Мортеза Носрат (Республика Беларусь, г. Минск) – аспирант кафедры лесных дорог и организации вывозки древесины; Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова 13а, e-mail: dini@belstu.by).

Naskovets Mikhail Trofimovich (Republic of Belarus, Minsk) – candidate of technical sciences, the associate professor, the head of the department of forest roads and the organization of removal of wood. Belarusian state technological university (220006, Minsk, Sverdlov St., 13a, e-mail: naskovets@belstu.by).

Drachilovsky Alexander Ivanovich (Republic of Belarus, Minsk) – the assistant to chair of forest roads and the organization of removal of wood. Belarusian state technological university (220006, Minsk, Sverdlov St. 13a, e-mail: drachilovskii@belstu.by).

Dini Morteza Nosrat (Republic of Belarus, Minsk) – the graduate student of chair of forest roads and the organization of removal of wood. Belarusian state technological university (220006, Minsk, Sverdlov St. 13a, e-mail: dini@belstu.by).

УДК 62-294.2

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ДЕТАЛЕЙ ПРЕСС-ФОРМ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Н.С. Першин¹, М.С. Чепчуров¹

¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова «БГТУ им. В.Г. Шухова», Белгород, Россия.

Аннотация. Рассматривается процесс отливки полипропилена в пресс-форму, изготовленную из металлополимера. В статье приводится теоретическое и практическое обоснование возможности применения формообразующих элементов пресс-форм из металлополимеров. Приводятся результаты моделирования процесса литья в программной среде и даётся анализ полученных данных. Описываются результаты применения матрицы из композитных материалов в условиях реального производства. Сделаны выводы о возможности изготовления формообразующих деталей пресс-форм из композитных материалов.

Ключевые слова: композитные материалы, металлополимер, пресс-форма, отливка деталей из пластмасс, каналы охлаждения, матрица, компьютерное моделирование.

Введение

Наибольшая трудоёмкость приходится на изготовление формообразующих деталей пресс-форм. Это связано с тем, что они, чаще всего, имеют сложную конфигурацию, требующую значительных затрат как машинного времени, так и ручного труда на выполнение доводочных операций [1,2]. Выполнено исследование по определению возможности замены дорогостоящих пресс-форм из металлов на более дешёвые формы из композитов.

Получение формообразующих деталей пресс-форм из композиционных материалов

Материалом формообразующих деталей являются в соответствии с требованиями

ГОСТ 27358-87, высококачественные стали, имеющие высокую прочность, и обладающие определённой коррозионной стойкостью. Шероховатость поверхностей формообразующих деталей составляет 0,025 мкм по Ra, хотя допускается шероховатость до $Ra \leq 0,40$ мкм [1, 3]. Если есть необходимость отливать детали в количестве до 10 тыс. шт. только литьём под давлением с использованием пресс-форм, то изделие имеет высокую стоимость, ввиду значительных затрат на получение формообразующих деталей. Используемые в настоящее время 3-D принтеры для получения изделий из полимеров не обеспечивают хорошего соотношения цена/качество, по этой причине они не используются для се-

рийного выпуска изделий из полимеров. Снижение стоимости изделий при выпуске небольшой партии, по мнению авторов, целесообразно при использовании технологий, обеспечивающих сравнительно небольшие затраты на получение формообразующих деталей. С этой целью авторами были проведены эксперименты по получению формообразующих деталей пресс-форм из композитных материалов, матрицей которых является эпоксидно-диеновый полимер, а наполнителями: закалённая сталь (высокой твёрдости), алюминий, титан [4,5]. Подбор композиций осуществляется из условия термостойкости [1], так как в качестве материала изделия, полученного в пресс-форме, был выбран полипропилен марки ПП0030, имеющий температуру кристаллизации 150°C, а расплав полимера, впрыскиваемый в пресс-форму имеет температуру до 250°C. Измерение твёрдости, выбранных по температуростойкости материалов показали, что она составляет порядка 30 единиц HRCэ, что согласно требованиям [3] недопустимо, но и расчёты в стандарте выполнены для партии не менее 180 тыс. деталей, а цель эксперимента получить не более 10 тыс. деталей, следовательно заявленная твёрдость может обеспечить требуемую стойкость. Предварительно проведённый эксперимент с формообразующей деталью, имеющий стойкость не более 10 единиц показал возможность получения партии изделий более 10 тыс. шт. из поликарбоната, хотя согласно рекомендации [6] при твёрдости до 45 HRCэ наработка на отказ должна составлять 11,5 тыс. деталей для пресс-форм второй категории сложности. Испытание материала для формообразующих деталей в печи, с прогревом до (150-200) °C показало, что при температуре выше 150°C изделие теряет жёсткость и возможно искажение размеров детали, получаемой в пресс-форме.

Для оценки возможности получения изделия в пресс-форме с формообразующими элементами из композитного материала было выполнено моделирование процесса литья с использованием специального программного средства MoldFlow Plastic Insight V.3. [7,8]. В качестве модели было выбрано изделие, которое в последствии можно было бы получить в реальной пресс-форме. Материалом изделия является полипропилен производ-

ва компании Shell, выпускаемый под торговой маркой 7C43H, аналогичный материалам, выпускаемыми российскими производителями с рекомендуемой температурой расплава 230°C. В качестве инжекционной машины выбрана – BA1300/400BK Batterfeld, с объёмом впрыска 107см³, диаметром шнека –40мм, усилием запирания 132 тоны. В качестве материала пресс-формы выбран алюминиевый сплав. На рисунке 1 представлены результаты моделирования по распределению давления в полости пресс-формы. Максимальное давление задаётся в точке впрыска пресс-формы и тогда можно считать, что площадь, на которую действует это давление равна площади сечения канала литника. На рисунке 2 представлены результаты по определению смещений в полученной детали под действием давления расплава в полости пресс-формы, а также в зависимости от коэффициента усадки материала. Данных на рисунке 2 недостаточно, для того, чтобы оценить деформации самого материала формообразующих. Разработчик ПО поместил в базу данных материалов формообразующих деталей только те материалы, которые вызывают минимальные деформации, следовательно, требуются дополнительные расчёты предполагаемой величины деформации для металлополимерной формообразующей. Для этого воспользуемся более простыми пакетами КЭ-ELCUT. С учётом площади нагрузки и $E=4,5 \times 10^8$ выполнены расчёты, результаты которых приведены на рисунке 3.

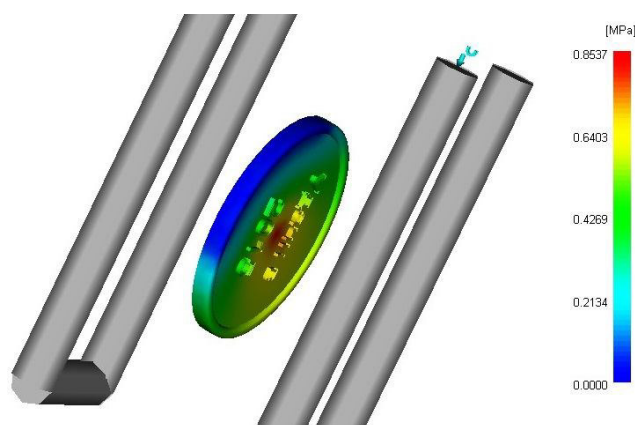


Рис. 1. Распределение давления в полости пресс-формы

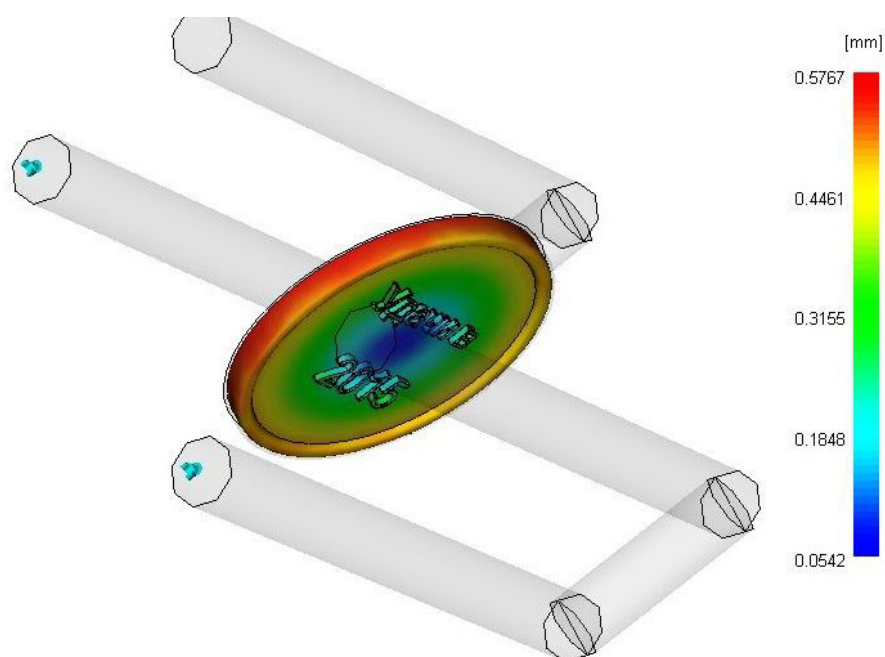


Рис. 2. Деформации в изделии, полученном в пресс-форме из алюминиевого сплава

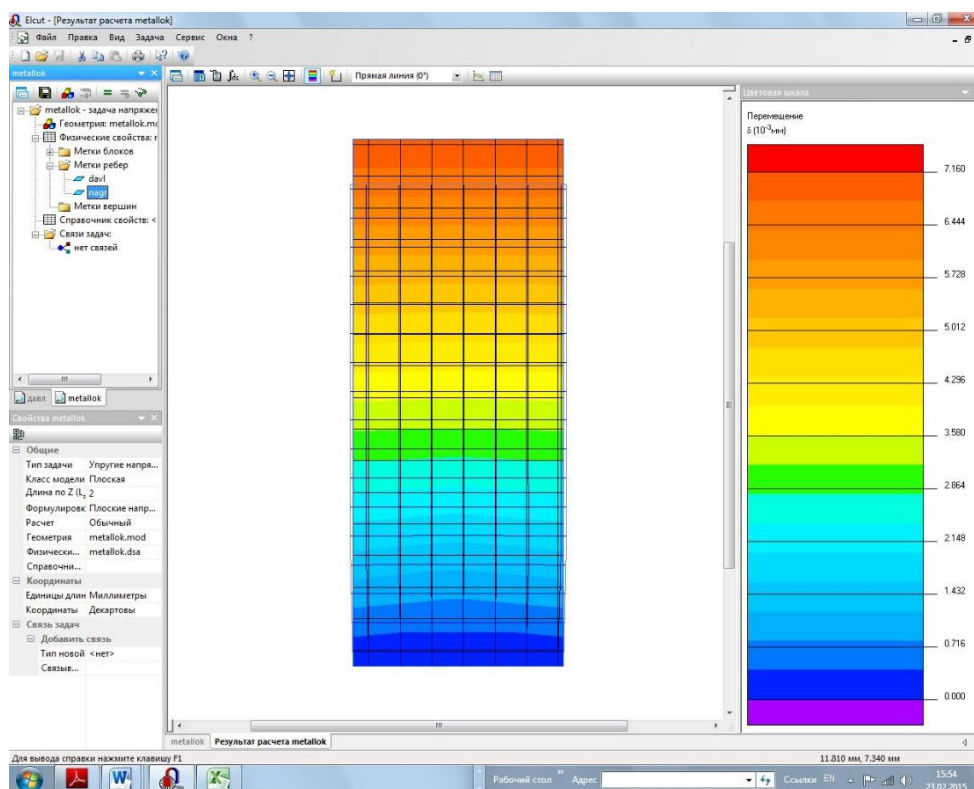


Рис. 3. Результаты моделирования деформаций в металлополимерной детали

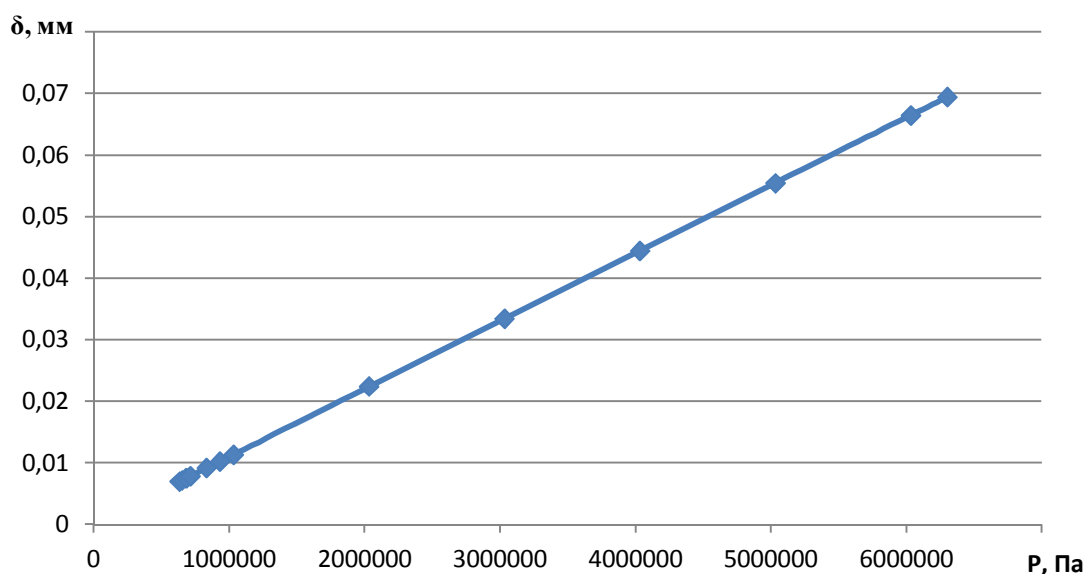


Рис. 4. График зависимости величины смещения (δ) поверхности формообразующей от давления в полости пресс-формы

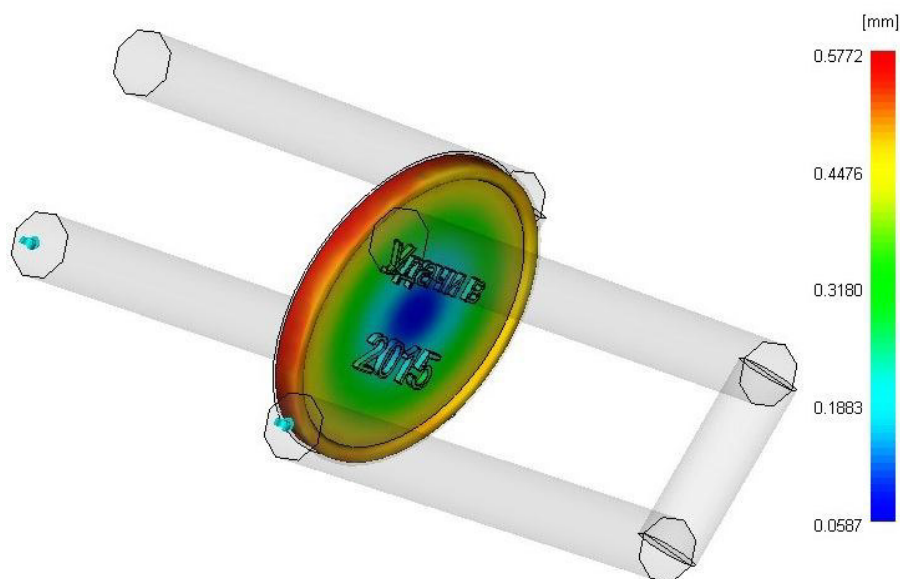


Рис. 5. Деформации в изделии, полученном в пресс-форме из металлополимера

Выполненные расчёты для различных значений давления расплава представлены на рисунке 4 в виде графика, анализ которого показывает, что график имеет линейную зависимость, а критические деформации более 0,01мм при давлении 0,93 МПа.

Деформации изделия в пресс-форме с формообразующими из композитных мате-

риалов, представлены на рисунке 5. Сравнение результатов показывает, что при одинаковых условиях и свойствах материала, максимальные величины деформаций для алюминиевой формы меньше 0,0005мм, что не оказывает влияния на точность получаемого изделия.



Рис. 6. Отливка изделия из полипропилена в металлополимерной матрице

После получения теоретического доказательства отсутствия значительных деформаций в полости пресс-формы, авторы провели эксперимент по получению изделий в пресс-форме, формообразующие элементы которых выполнены из металлополимеров.

Для получения формообразующих элементов методом 3D печати была получена модель изделия из ABS – пластика с учётом последующей усадки на 1,75% (для полипропилена), затем был получен оттиск модели в подготовленной матрице пресс-формы. После 48 часов пресс-форма установлена на литьевую машину и было получено около 100 отливок изделий. Установлено что износа элементов (рисю 6) нет. На основании чего можно сделать вывод о применимости металлополимеров для получения формообразующих деталей пресс-форм, ввиду отсутствия деформаций формообразующих поверхностей и износа при изготовлении небольших партий деталей.

Заключение

Моделирование и опытное формование показали возможность изготовления формообразующих деталей пресс-форм из металлополимеров. Полученные закономерности смещения поверхностей формообразующих в зависимости от величины давления в полости пресс-форма при впрыске расплава позволяют спрогнозировать величину усадки изделия не только от свойств термопласта, но и материала формообразующих деталей пресс-формы.

Результаты исследований получены при выполнении гранта: «Проект ПСР № 2011-ПР-146», договор № А-7/14 от 10.04.2014 г.

Библиографический список

1. Пантелеев, А.П. Справочник по реконструированию оснастки для переработки пластмасс. / А.П. Пантелеев, Ю.М. Швецов, И.А. Горячев. – М.: Издательство «Машиностроение», 1986. – 399 с.
2. Гастров, Г. Конструирование литьевых пресс-форм в 130 примерах / Э. Линдер, П. Унгер; под ред. А.П. Пантелеева, А.А. Пантелеева. – СПб.: Профессия, 2006. – 336 с.
3. Чепчуров, М.С. Бесконтактный способ контроля шероховатости поверхности деталей пресс-форм / М.С. Чепчуров, Ю.А. Афанаскова // Технология машиностроения. – 2009. – 18 с.
4. Металлополимеры «ЛЕО». – М.: Издательство «ЗАО Металлополимерные материалы ЛЕО», 2013. – 33 с.
5. Мини-каталог химии WEICON. – М.: Издательство «Офис ЮМП», 2013. – 20 с.
6. ГОСТ 27358-87 Пресс-формы для изготовления изделий из пластмасс. Общие технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 16 с.
7. Барвинский, И.А. Autodesk simulation MoldFlow insight 2013: Компьютерный анализ литья пластмасс / И.А. Барвинский. – М.: Изд-во КомпьютерПресс, 2012. – 45 с.
8. Барвинский, И.А. Компьютерный анализ литья пластмасс: принципы эффективности / И.А. Барвинский // «САПР и графика». – 2012. – С. 25-29.

MANUFACTURING THE FORMATIVE MOLD PARTS OF COMPOSITE MATERIALS

N.S. Pershin, M.S. Chepchurov

Abstract. Considers the process casting polypropylene into a mold made of metallopolymers. The article presents theoretical and practical justification for the possibility of applying the formative elements of molds metallopolymers. Presents the results the simulation of casting process in the software environment and gives an analysis of the data. Are described results of the application a matrix of composite materials in a real production. Conclusions are drawn on the possibility of manufacturing the formative mold parts made of composite materials.

Keywords: composite materials, metallopolimer, Injection mold, molding of plastic parts, cooling channels, matrix, computer modeling.

References

1. Panteleev A.P., Shvecov Ju.M., Gorjachev I.A. *Spravochnik po rekonst-ruirovaniju osnastki dlja pererabotki plastmass*. [Handbook of reconstructing equipment for plastics processing.]. Moscow, Izdatel'stvo «Mashinostroenie», 1986. 399 p.

2. Gastrov G. *Konstruirovanie lit'evykh press-form v 130 primerakh* [Construction of injection molds in 130 examples]. Je. Linder, P. Unger; pod red. A.P. Panteleeva, A.A. Panteleeva. St. Petersburg, Professija, 2006. 336 p.

3. Chepchurov M.S., Afanaskova Ju.A. *Beskontaktnyj sposob kontrolja sheroховatosti poverhnosti detalej press-form* [Non-contact method of controlling the surface roughness of molds]. *Tehnologija mashinostroenija*, 2009, 18 p.

4. *Metallopolimery «LEO»*. [Metallopolimers "Leo"] Moscow, Izda-tel'stvo «ZAO Metallopolimernye materialy LEO», 2013. 33 p.

5. *Mini-katalog himii WEICON* [Mini catalog Chemistry WEICON]. Moscow, Izda-tel'stvo «Ofis JuMP», 2013. 20 p.

6. GOST 27358-87 *Press-formy dlja izgo-tovlenija izdelij iz plastmass. Obshhie tehicheskie uslovija* [State standard 27358-87. Press moulds for msnufacturing jf plastic articles. General specifications]. Moscow, IPK Izdate'l'stvo standartov, 2004. 16 p.

7. Barvinskij I.A. *Autodesk simulation MoldFlow insight 2013: Komp'juternyj analiz lit'ja plastmass* [Au-

todesk simulation MoldFlow insight 2013]. Moscow, Izd-vo Komp'juterPress, 2012. 45 p.

8. Barvinskij I.A. *Komp'juternyj analiz lit'ja plastmass: principy jeffektivnosti* [Computer analysis of the casting of plastics: the principles of efficiency]. «SAPR i grafika», 2012, pp. 25-29.

Першин Николай Сергеевич (Россия, г. Белгород) – директор ООО «Инновационно прикладные системы» (308012, г. Белгород, ул. Костюкова 46, e-mail: pershin26@yandex.ru).

Чепчуров Михаил Сергеевич (Россия, г. Белгород) – доктор технических наук, профессор БГТУ им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова 46, e-mail: avtpost@mail.ru).

Pershin Nikolay Sergeevich (Russian Federation, Belgorod) – the director of LLC «Innovative application systems» (308012, Belgorod, Kostyukova st. 46. e-mail: pershin26@yandex.ru).

Chepchurov Mikhail Sergeevich (Russian Federation, Belgorod) – doctor of technical science, professor of BSTU named after V.G. Shukhov (308012, Belgorod, Kostyukova st. 46. e-mail: avtpost@mail.ru).

УДК 627.824.528.48:658.562

О РЕГЛАМЕНТАЦИИ ТОЧНОСТИ ВЫСОТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ОСНОВАНИЙ И ПОКРЫТИЙ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ ПОЛОС АЭРОДРОМОВ В НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТАХ

Ю.В. Столбов¹, С.Ю. Столбова¹, Р.В. Зотов¹, А.А. Побережный²

¹ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск;

²Югорский государственный университет, Россия, г. Ханты-Мансийск.

Аннотации. *Выполнен анализ регламентации точности высотного положения оснований и покрытий взлетно-посадочных полос аэродромов при их строительстве в нормативных документах. Приведены нормы точности высотного положения оснований и покрытий для всех категорий взлетно-посадочных полос аэродромов: отклонения фактических высотных отметок по оси каждого ряда от проектных, отклонения поперечных уклонов каждого ряда от проектных и значения алгебраических разностей (амплитуд) высотных отметок по оси ряда, с доверительными вероятностями $P=0,95$ или $P=0,9$. Отмечены недостатки по нормированию точности высотного положения оснований и покрытий взлетно-посадочных полос аэродромов в нормативных документах. Предложено налаживание технологических процессов при устройстве их оснований и покрытий выполнять не по предельным, а по среднеквадратическим отклонениям с доверительными вероятностями $P=0,95$ или $P=0,9$.*

Ключевые слова: *точность, высотные отметки, поперечные уклоны, амплитуды высотных отметок, основания и покрытия, взлетно-посадочные полосы аэродромов.*

Введение

Точность геометрических параметров конструкций возводимых зданий и сооружений является одним из основных показателей качества современного строительства.

При проектировании зданий и сооружений и их отдельных элементов, разработке тех-

нологии изготовления элементов и возведения зданий и сооружений следует предусматривать, а в производстве - применять необходимые средства и правила технологического обеспечения точности, согласно ГОСТ 21778-81[1].