

УДК 629.735.33.023.44.01:620.22-419

Карпов Я.С. Анализ решений некоторых фундаментальных проблем инженерии слоистых композитов учеными кафедры композитных конструкций и авиационного материаловедения Харьковского авиационного института. Часть 2. Проектирование и расчет на прочность стрингерных панелей и конструктивно-технологические решения соединений деталей из композитов/ Я.С. Карпов, М.А. Шевцова // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 1 (85).– Х., 2016. – С. 7 – 35.

Описана методика определения рациональных параметров стрингерных панелей из композитных материалов, включающая в себя оптимизацию структуры КМ обшивки, параметров сечения, количества и расположения стрингеров, которые обеспечивают минимум массы панели при удовлетворении всего комплекса ограничений на несущую способность для эксплуатационного спектра внешних воздействий. При проектировании учитываются температурные и пуассоновы дополнительные напряжения. Приведены предложения по организации проектировочного и поверочного расчетов на прочность на основе единой экспериментальной базы взамен существующей методологии проведения проектировочного расчета на базе свойств однонаправленного композита и поверочного расчета на прочность по свойствам пакета слоев. На базе трансверсальных и продольных крепежных микроэлементов с характерными размерами 0,3...2,0 мм предложены эффективные конструкции металлокомпозитных гетерогенных структур, позволяющие сохранить традиционные методы сборки агрегатов самолетов и ракет. Описана система экспериментального обеспечения проектирования и расчета на прочность, которая включает в себя определение прочности композита на смятие и срез, коэффициентов податливости заформованных крепежных элементов и снижения прочности композита. Дан краткий обзор исследований по разработке энергосберегающих технологий для изготовления и ремонта композитных конструкций, а также некоторых проблем прогнозирования технологических напряжений в результате формирования изделия и после его установки на жесткий каркас.

Ключевые слова: стрингерная панель, оптимизация, соединение, конструктивно-технологическое решение, крепежный микроэлемент, экспериментальное обеспечение.

Ил. 9. Табл. 1. Библиогр.: 46 назв.

Описано методику визначення раціональних параметрів панелей стрингерів з композитних матеріалів, що містить оптимізацію структури КМ обшивки, параметрів перерізу, кількості та розташування стрингерів, які забезпечують мінімум маси панелі при задоволенні всього комплексу обмежень на несучу здатність для експлуатаційного спектру зовнішніх дій. При проектуванні враховуються температурні і пуассонові додаткові

напруження. Наведено пропозиції щодо проектувального і перевірного розрахунків на міцність на основі єдиної експериментальної бази замість існуючої методології проведення проектувального розрахунку на базі властивостей однонаправленого композита і перевірного розрахунку на міцність за властивостями пакета шарів. На базі трансверсальних і по-довжніх кріпильних мікроелементів з характерними розмірами 0,3...2,0 мм запропоновано ефективні конструкції металокомпозитних гетерогенних структур, складання агрегатів літаків і ракет, що дозволяють зберегти традиційні методи складання агрегатів літаків і ракет. Описано систему експериментального забезпечення проектування і розрахунку на міцність, яка містить визначення міцності композита на зминання, зріз, коефіцієнтів податливості заформованих кріпильних елементів і коефіцієнта зниження міцності композита. Наведено короткий огляд досліджень з розробки енергозберігаючих технологій для виготовлення і ремонту композитних конструкцій, а також деяких проблем прогнозування технологічного напруження в результаті формування виробу і після його установлення на жорсткий каркас.

Ключові слова: стрингерна панель, оптимізація, з'єднання, конструктивно-технологічне рішення, кріпильний мікроелемент, експериментальне забезпечення.

Іл. 9. Табл. 1. Бібліогр.: 46 назв

The method for determination of rational parameters of composite stringer panels is described. It includes stacking sequence optimization by composite skin stacking sequence, quantity, arrangement and cross-section of stringers that guarantee minimal mass of panel considering the required load-carrying ability within operational spectrums of external loads. Influence of additional thermal and Poisson's stresses were also considered. Suggestions to organize the strength analysis and design procedures based on unified experimental base are presented instead of conventional design procedure based on properties of unidirectional ply and strength analysis procedure based on properties of laminate. Based on transversal and longitudinal fastening micro-elements with typical dimensions 0.3...2 mm. quite efficient metal-composite heterogeneous structures permitting to save conventional approaches for assembling of airplanes and rockets units are proposed. The system of experimental support for designing and strength analysis procedures is described. It includes determination of bearing and shear strength of composites, the compliance coefficients of embedded micro-fasteners and coefficients of composites strength reduction. Brief review devoted to studies on energy-saving technologies of composite structures manufacturing and repair and some problems of prediction of manufacturing stresses caused by curing of structures and offer installation to rigid framework is given.

Keywords: stringer panel, optimization, joint, structural-manufacturing solutions, fastening microelement, experimental support.

Fig.9. Tabl.1. Bibliogr.: 46 sources

УДК 629.7.03.001 (07)

Санин А.Ф. Исследование напряженно-деформированного состояния композитного корпуса типового ракетного двигателя твердого топлива с металлическими закладными элементами в полюсных областях / А.Ф. Санин, А.М. Потапов, А.В. Кондратьев, В.А. Коваленко, Д.В. Клименко, Р.В. Атаманчук, В.Н. Харченко // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 1 (85). – Х., 2016. – С. 36 – 46.

С помощью конечно-элементной поддержки детально исследовано напряженно-деформированное состояние зон концентрации напряжений в районе полюсных отверстий композитного корпуса ракетного двигателя твердого топлива с установленными металлическими закладными элементами. Проведено теоретическое обоснование накопленного отечественного и зарубежного опыта создания аналогичных конструкций, что позволило выявить наиболее вероятные причины потери несущей способности композитного корпуса ракетного двигателя твердого топлива. Даны рекомендации по предотвращению их негативных результатов.

Ключевые слова: ракетный двигатель твердого топлива, полюсные отверстия, закладной элемент, композитный корпус, конечно-элементная поддержка.

Ил. 4. Табл. 1. Библиогр.: 24 назв.

За допомогою скінченно-елементної підтримки детально досліджено напружено-деформований стан зон концентрації напружень у районі полюсних отворів композитного корпусу ракетного двигуна твердого палива з установленними металевими закладними елементами. Проведено теоретичне обґрунтування накопиченого вітчизняного і зарубіжного досвіду створення аналогічних конструкцій, що дозволило виявити найбільш імовірні причини втрати несучої здатності композитного корпусу ракетного двигуна твердого палива. Дано рекомендації щодо запобігання їх негативних результатів.

Ключові слова: ракетний двигун твердого палива, полюсні отвори, закладний елемент, композитний корпус, скінченно-елементна підтримка.

Іл. 4. Табл. 1. Бібліогр.: 24 назви

Analysis of state-of-art application of composites in foreign and domestic flying vehicles is carried out. Aerospace technology parameter qualimetry has been further developed allowing synthesize the classificatory of all hierarchical levels of quality indicators of technical system considered. Quality dependencies of quality indicator increments of all hierarchical levels are obtained that allows to predict reasonably the effectiveness of synthesizing solutions for typical polymer composite elements of aerospace technology structures and units.

Keywords: aviation and space structures, polymer composites, designing, technology, qualimetry, quality.

Fig. 4. Table 1. Bibliogr.: 24 sources

УДК 629.7.067

Бычков А.С. Основные виды и причины разрушения стальных деталей агрегатов отечественных воздушных судов транспортной категории / А.С. Бычков, А.Г. Моляр // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 1 (85).– Х., 2016. – С. 47 – 61.

На основе углубленного анализа и обобщения результатов предшествующих исследований вскрыты основные виды и причины разрушения стальных деталей узлов и агрегатов отечественных воздушных судов транспортной категории. Рассмотрены характерные примеры коррозионного повреждения, усталости, износа и их комплексного воздействия на конструктивные элементы самолетов ГП «Антонов». Показано, что для оценки вероятности возникновения коррозионных повреждений в определенных местах конструкции за период между осмотрами используют статистический метод оценки скорости их роста по данным осмотра конструкций в период эксплуатации.

Ключевые слова: разрушение, стальные детали, агрегаты отечественных воздушных судов, шасси, коррозия, усталость, износ.

Ил. 12. Библиогр.: 16 назв.

На основі поглибленого аналізу й узагальнення результатів попередніх досліджень розкрито основні види і причини руйнування сталевих деталей вузлів і агрегатів вітчизняних повітряних суден транспортної категорії. Розглянуто характерні приклади корозійного пошкодження, втоми, зносу і їх комплексного впливу на конструктивні елементи літаків ДП «Антонов». Показано, що для оцінювання ймовірності виникнення корозійних пошкоджень у певних місцях конструкції за період між оглядами використовують статистичний метод оцінювання швидкості їх зростання за даними огляду конструкцій у період експлуатації.

Ключові слова: руйнування, сталеві деталі, агрегати вітчизняних повітряних суден, шасі, корозія, втома, знос.

Іл. 12. Бібліогр.: 16 назв

Main types and causes of destruction of domestic transport aircraft parts and units are revealed on the base of in-depth analysis and generalization of previous research results. Typical examples of corrosion damage, fatigue and their complex impact on ANTONOV Company aircraft structure elements are considered. It is shown that statistical method of corrosion damage growth rate estimation based on structure inspection during operation is used for estimation of structure corrosion damage emerging probability between inspection periods.

Keywords: destruction, steel parts, domestic aircraft units, landing gear, corrosion, fatigue, wear.

Fig. 12. Bibliogr.: 16 sources

УДК 621.456.2.02:004.942:519.6(075.8)

Серета В.А. Концепция проектирования пусковых устройств в составе компактного наземного комплекса для запуска мишеней-имитаторов крылатых ракет / В.А. Серета // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» – Х., 2016. – Вып. 1 (85) – С. 62 – 70.

Предложена концепция проектирования наземных пусковых устройств с минимальной длиной направляющей для запуска летательных аппаратов класса крылатых ракет и мишеней, которые их имитируют. Подход базируется на итерационном принципе нормирования тягового усилия расширительной машины с целью достижения наибольшей полноты совершенной работы по разгону летательного аппарата. Предложен ряд прогрессивных схем организации рабочего процесса, полученных в результате модернизации органов газораспределения расширительной машины или изменения передаточного числа трансмиссии.

Ключевые слова: крылатая ракета, закон тягового усилия, минимизация длины направляющей.

Ил. 6. Библиогр.: 4 назв.

Запропоновано концепцію проектування наземних пускових пристроїв з мінімальною довжиною напрямної для запуску літальних апаратів класу крилатих ракет і мішеней, що їх імітують. Підхід базується на ітераційному принципі нормування тягового зусилля розширювальної машини з метою досягнення найбільшої повноти здійсненої роботи з розгону літального апарата. Запропоновано ряд прогресивних схем організації робочого процесу, отриманих у результаті модернізації органів газорозподілу розширювальної машини або зміни передавального числа трансмісії.

Ключові слова: крилата ракета, закон тягового зусилля, мінімізація довжини напрямної.

Іл. 6. Бібліогр.: 4 назви

Is offered the concept of designing ground launching devices with a minimum length of guide to starting the aerial vehicles class cruise missiles and target them imitating. The approach is based on an iteration principle of rationing traction force expansion machine to achieve maximum fullness of completed work acceleration the aerial vehicle. Proposed a series of progressive schemes organization of working process resulting from the modernization of bodies the expansion machine gas distribution or change the gear ratio of transmission.

Key words: cruise missile, law of traction force, minimizing the length of guide.

Fig. 6. Bibliogr.: 4 sources

УДК 629.7.025.84

Хоминич О.А. Применение современных инновационных технологических решений при реализации сложных агрегатов модели летательного аппарата замкнутой аэродинамической схемы / О.А. Хоминич, Д.М. Зинченко // Вопросы проектирования и производства конструкции летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ» – Х., 2016 – Вып. 1 (85). – Х., С. 71 – 80.

Показана целесообразность применения «аддитивного производства» при создании геометрически сложных агрегатов модели летательного аппарата замкнутой аэродинамической схемы. С помощью технологии 3D-печати созданы концевые аэродинамические поверхности модели летательного аппарата замкнутой аэродинамической схемы за очень короткий промежуток времени и с достаточной прочностью. Применяемый материал – АБС-пластик является прочным материалом, не уступающим по прочности авиационным легким материалам.

Ключевые слова: замкнутая аэродинамическая схема, концевые аэродинамические поверхности, «аддитивное производство», 3D-печать, 3D-принтер.

Ил. 6. Табл. 3. Библиогр.: 7 назв.

Показано доцільність застосування «адитивного виробництва» при створенні геометрично складних агрегатів моделі літального апарата замкнутої аеродинамічної схеми. За допомогою технології 3D-друку створено кінцеві аеродинамічні поверхні моделі літального апарата замкнутої аеродинамічної схеми за дуже короткий проміжок часу і з достатньою міцністю. Застосований матеріал – АБС-пластик є міцним матеріалом, який не поступається за міцністю авіаційним легким матеріалам.

Ключові слова: замкнута аеродинамічна схема, кінцеві аеродинамічні поверхні, «адитивне виробництво», 3D-друк, 3D-принтер.

Іл. 6. Табл. 3. Бібліогр.: 7 назв

Shows the feasibility of "additive manufacturing" when creating geometrically complex assemblies model close wing aircraft. With 3D-printing technologies created the wing tip aerodynamic surface model close wing aircraft wind in a very short period of time and with sufficient strength. Using material – ABS-plastik is a strong material that is not inferior in strength lightweight materials by air.

Keywords: close wing aircraft, wing tip aerodynamic surface, "additive manufacturing», 3D-printing, 3D-printer.

Fig. 6. Tabl. 3. Bibliogr.: 7 sources

УДК 629.7.002

Остапчук В.В. Анализ способов образования остаточных деформаций в процессе изготовления листовых деталей летательных аппаратов / В.В. Остапчук // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 1 (85). – Х., 2016. – С. 81 – 86.

Рассмотрены особенности образования остаточных деформаций при различных способах формоизменения: растяжения с изгибом; растяжения-сжатия; сдвигового пластического деформирования, представляющие практический интерес вследствие того, что исключаются процессы непродуктивного расхода внешней энергии. Показано, что при значениях относительной стрелы прогиба дефекта формы больше, чем рассчитанные по полученному выражению, импульсное прижатие обеспечит требуемое пластическое деформирование и соответственно устранение дефектов формы детали. Приведены потребные значения относительной стрелы прогиба дефекта формы для сталей, алюминиевого и титанового сплавов.

Ключевые слова: листовые детали, дефекты формы, остаточные деформации.

Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 4 назв.

Розглянуто особливості утворення залишкових деформацій при різних способах формозміни: розтягнення з вигином; розтягнення-стиснення; зсувного пластичного деформування, які становлять практичний інтерес у результаті того, що виключаються процеси непродуктивної витрати зовнішньої енергії. Показано, що при значеннях відносної стріли прогину дефекту форми, що перевищують розраховані за отриманим виразом, імпульсне притискання забезпечить потрібну пластичну деформацію і відповідно усунення дефектів форми деталі. Наведено необхідні значення відносної стріли прогину дефекту форми для сталей, алюмінієвого та титанового сплавів.

Ключові слова: листові деталі, дефекти форми, залишкові деформації.

Іл. 3. Табл. 1. Бібліогр.: 4 назви

Distinctions of residual deformations appearing at such different ways of forming as tension with simultaneous bending, tension-compression, shear plastic deformation are considered. It is shown that impulse pressing ensures required plastic deformation and consequent elimination of article shape imperfection at values of relative sagging of article shape imperfections that overexceed obtained expressions. Required values of relative sagging of article shape imperfections are given for steels, aluminum and titanium alloys.

Key words: sheet articles, defect's geometry shape, residual deformations

Fig. 3. Table. 1. Bibliogr.: 4 sources

УДК 629.7.002: 621.375.826

Борисевич В.В. Формообразование поперечных гофров при штамповке токостенных деталей из трубчатых заготовок / В.В. Борисевич, Абухабел Мохамед Абубакер, А.С. Морголенко // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 1 (85). – Х., 2016. – С. 87 – 93.

Приведены результаты экспериментального исследования образования поперечных гофров при комбинировании продольного усилия и внутреннего давления. Проведено сравнение результатов натурального эксперимента с численным моделированием, что показало удовлетворительное соответствие. В результате варьирования внутренним давлением обнаружено влияние на локализацию и форму образующихся гофров. Высказано предположение о возможности управления геометрическими параметрами свободно формообразующихся гофров посредством влияния на потерю устойчивости цилиндрической заготовки.

Ключевые слова: экспериментальное исследование, трубчатая заготовка, гофр, потеря устойчивости.

Ил. 7. Библиогр.: 6 назв.

Наведено результати експериментального дослідження утворення поперечних гофрів під час комбінованого поздовжнього зусилля та внутрішнього тиску. Проведено порівняння результатів натурального експерименту з числовим моделюванням, що виявило задовільну відповідність. У результаті варіювання внутрішнього тиску виявлено вплив на локалізацію та форму гофрів, що утворюються. Висловлено припущення щодо можливості управління геометричними параметрами вільно формоутворювальних гофрів за допомогою впливу на утрату стійкості циліндричної заготовки.

Ключові слова: експериментальне дослідження, трубчатая заготовка, гофр, утрата стійкості.

Іл. 7. Бібліогр.: 6 назв

Results of an experimental study of transverse corrugation formation during combined longitudinal load and inner pressure are presented. Comparison of the test and computer modeling is conducted which show satisfactory adequacy. As result of inner pressure variation the influence on localization and shape of formed corrugations is found. The assumption of opportunity of regulation of geometry of formed corrugations by influence on loosing of stability of cylindrical blank.

Key words: experimental study, tubular blank, corrugation, loosing of stability.

Fig. 7. Bibliogr.: 6 sources

УДК 678.4:621.454.3

Козис К.В. Теплофизические характеристики резины марки 1001 для внутреннего теплозащитного покрытия ракетных твердотопливных двигателей / К.В. Козис, Т.А. Манько, А.М. Потапов, И.А. Гусарова // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». - Вып. 1 (85). – Х., 2016. – С. 94 – 100.

Приведены результаты экспериментального исследования удельной теплоемкости и коэффициента теплопроводности образцов резины марки 1001 как одних из критериев оценки внутреннего теплозащитного покрытия. Результаты исследования коэффициента теплопроводности оценены по средним значениям экспериментальных измерений, с использованием метода наименьших квадратов суммарной ошибки аппроксимации. Проведен статистический анализ измерений удельной теплоемкости. Гипотеза о равенстве средних значений проверена по критерию Стьюдента, а дисперсий – по критерию Фишера.

Ключевые слова: экспериментальное исследование, коэффициент теплопроводности, удельная теплоемкость, внутреннее теплозащитное покрытие

Ил. 1. Табл. 5. Библиогр.: 3 назв.

Наведено результати експериментального дослідження питомої теплоємності та коефіцієнта теплопровідності зразків гуми марки 1001 як одних з критеріїв оцінювання внутрішнього теплозахисного покриття. Результати дослідження коефіцієнта теплопровідності оцінено за середніми значеннями експериментальних випробувань з використанням методу найменших квадратів сумарної помилки апроксимації. Проведено статистичний аналіз вимірювання питомої теплоємності. Гіпотезу про рівність середніх значень перевірено за критерієм Ст'юдента, а дисперсій – за критерієм Фішера.

Ключові слова: експериментальне дослідження, коефіцієнт теплопровідності, питома теплоємність, внутрішнє теплозахисне покриття.

Іл. 1. Табл. 5. Бібліогр.: 3 назви

The results of experimental studies of specific heat and heat conductivity ratio of 1001 grade rubber samples, as one of the criteria for assessing the internal heat-resistant coating, are presented. The results of heat conductivity estimated by average values of experimental measurements using the least-squares method of cumulative error approximation. A measurement statistical analysis of specific heat was conducted. The hypothesis of the equation of mean values tested by Student's test and by Fisher test for variances.

Keywords: experimental study, heat conductivity, specific heat, inside thermal barrier coating.

Fig. 1. Table 5. Bibliogr.: 3 sources

УДК 544.2

Колоскова А.Н. Построение механической модели полимера методом аналогий / А.Н. Колоскова // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 1 (85). – Х., 2016. - С. 101 – 108.

Рассмотрены методы, применяемые для определения прочности полимерных пленок и их соединений. Проанализированы теории кинетического разрушения полимеров и метод механических моделей, широко используемый для приближенного описания вязкоупругих свойств полимеров. На примере молекулы полипропилена проанализирована структура построения и движения атомов полимерной молекулы. На основе анализа построена линейная стержневая модель молекулы полимера под нагружением, позволяющая описывать ее поведение на микроуровне.

Ключевые слова: полимерная пленка, полимерная молекула, аналоговая модель, стержневая система.

Ил. 7. Библиогр.: 15 назв.

Розглянуто методи, що застосовуються для визначення міцності полімерних плівок та їх з'єднань. Проаналізовано теорії кінетичного руйнування полімерів і метод механічних моделей, який широко використовується для наближеного опису в'язкопружних властивостей полімерів. На прикладі молекули поліпропілену проаналізовано структуру побудови і руху атомів полімерної молекули. На основі аналізу побудовано лінійну стрижневу модель молекули полімеру під навантаженням, що дозволяє описувати її поведінку на мікрорівні.

Ключові слова: полімерна плівка, полімерна молекула, аналогова модель, стрижнева система.

Іл. 7. Бібліогр.: 15 назв

The methods used to determine the strength of the polymer films and their compounds are considered. The kinetic theory of the destruction of polymers and the method of mechanical models widely used for an approximate description of the viscoelastic properties of polymers are analyzed. The structure and construction of atomic motion of the polymer molecule are analyzed using example of polypropylene molecule. Based on the analysis a linear rod model of the molecule of the polymer under loading is constructed, which allows to describe its behavior at the micro level.

Key words: polymer film, polymer molecule, analogue model, rod system.

Fig. 7. Bibliogr.: 15 sources

УДК 621.315.6:621.357.74; 621.793; 678.029.6

Симбиркина А.Н. Аппаратурное оформление химической металлизации полых стеклянных микросфер / А.Н. Симбиркина, В.Г. Нефедов, О.В. Черваков, Н.И. Глоба // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 1 (85) – Х., 2016. – С. 109 – 122.

Приведены данные по аппаратурному оформлению химического процесса нанесения тонких слоев серебра и никеля на полые стеклянные микросферы, позволяющему обеспечить получение отечественных наполнителей для теплозащитных и теплоизоляционных материалов авиационно-космической техники в промышленном масштабе.

Рассмотрены преимущества и недостатки конструкций электролизеров серебрения и никелирования барабанного типа, с воздушным и радиально-проточным перемешиванием, а также приведена принципиальная схема процесса металлизации стеклянных микросфер.

Ключевые слова: металлизация, стеклянные микросферы, электролизер

Ил. 8. Библиогр.: 13 назв.

Наведено дані щодо апаратурного оформлення хімічного процесу нанесення тонких шарів срібла і нікелю на порожнисті скляні микросфери, що дозволяє забезпечити отримання вітчизняних наповнювачів для теплозахисних і теплоізоляційних матеріалів авіаційно-космічної техніки в промисловому масштабі.

Розглянуто переваги та недоліки конструкцій електролізерів сріблення і нікелювання барабанного типу, з повітряним і радіально-проточним перемішуванням, а також наведено принципову схему процесу металізації скляних микросфер.

Ключові слова: металізація, скляні микросфери, електролізер.

Іл. 8. Бібліогр.: 13 назв

The data on the equipment design of the chemical process of applying thin layers of silver and nickel on the hollow glass microspheres, allows to obtaining on an industrial scale of domestic fillers for thermal protection and insulation materials for aerospace engineering.

The advantages and disadvantages of electrolyzers construction for the silver and nickel metallization of the drum-type, air-flow and radial mixing, and a schematic diagram process metallization of glass microspheres are considered.

Keywords: metallization, glass microspheres, electrolyser

Fig. 8. Bibliogr.: 13 sources