

УДК 378.147:004.514]:656.2-051

**Олена Соловійова,**

*старший викладач кафедри теоретичної та прикладної механіки  
Державного економіко-технологічного університету транспорт;*

**Юрій Шпильовий,**

*кандидат педагогічних наук, доцент кафедри  
інформаційних систем і технологій*

*Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова*

## **ГРАФІЧНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ В ПРОЦЕСІ ГЕОМЕТРОГРАФІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

*У статті зроблено огляд сучасних можливостей графічних систем автоматизованого проектування (САПР) в процесі геометрографічної підготовки майбутніх інженерів; також описані пакети прикладних програм (програми призначені для вирішення будь-яких задач), які поділяються на дві групи: спеціалізовані та універсальні. Спеціалізовані програмні прикладні пакети призначені для вирішення якогось одного завдання, можуть вживатися автономно, так і входять до складу універсальних систем; універсальні системи – призначені для комплексної автоматизації процесів проектування, аналізу і виробництва продукції машинобудування, вони можуть містити одну або кілька спеціалізованих систем.*

**Ключові слова:** *геометрографічна підготовка, майбутні інженери, пакети прикладних програм, системи автоматизованого проектування.*

*В статье сделан обзор современных возможностей графических систем автоматизированного проектирования (САПР) в процессе геометрографической подготовки будущих инженеров; также описаны пакеты прикладных программ (программы для решения любых задач), которые делятся на две группы: специализированные и универсальные. Специализированные программные прикладные пакеты предназначены для решения какого-либо одного задания, могут использоваться автономно, так и входит в состав универсальных систем; универсальные системы – предназначены для комплексной автоматизации процессов проектирования, анализа и производства продукции машиностроения, они могут содержать одну или несколько специализированных систем.*

**Ключевые слова:** *геометрографическая подготовка, будущие инженеры, пакеты прикладных программ, системы автоматизированного проектирования.*

*In the article the review of modern possibilities of graphic systems of computer-aided design (CAD) in the process of geometrographic preparation of*

*future engineers is made; Packages of applied programs (programs for solving any problems) are also described, which are divided into two groups: specialized and universal. Specialized software application packages are designed to solve a single task, can be used autonomously, or it is part of universal systems; Universal systems – are intended for complex automation of the processes of designing, analysis and production of machine-building products, they can contain one or several specialized systems (CAD / CAM / CAE / PDM / PLM), also a classification of CAD levels: upper (CAD / CAM / CAE / PDM / PLM) PTC Creo, CATIA, Autodesk Inventor, Siemens NX; Medium (CAD / CAM / CAE) ArchiCAD, AutoCAD, SolidEdge, SolidWorks, nanoCAD; Lower (CAD abo CAM) KOMPAS-LT, AutoCAD-LT, bCAD, ASSOL, LEKO, Julivi, PRO100; The computer-aided design system is considered as the only complex that unites under one name CAD-, CAM-, CAE- and PDM-systems.*

**Key words:** *geometrographic preparation, future engineers, application software packages, computer-aided design systems.*

Останнім часом чималих обертів набирає оригінальний підхід до автоматизації конструкторської діяльності, в основі якого – створення тривимірних геометричних представлень графічних моделей виробів. Сучасний рівень розвитку інформаційних технологій дає змогу створювати просторові моделі об'єктів з практично необмеженими можливостями, забезпечуючи більшу достовірність розв'язання геометричних та інших задач для просторової моделі, що дає змогу перейти на якісно новий рівень розробки.

Теоретичні положення інженерної графіки засновані на положеннях нарисної геометрії і креслення, з моменту своєї появи нарисна геометрія розвивалася в природному переплетенні з математикою, механікою, фізикою. Вона також впливала на розробку теоретичних основ в промисловості, будівництві, образотворчому мистецтві, що створило фундамент, на якому базується інженерна освіта, інженерна творчість і система створення технічної документації віртуальної моделі, зникає потреба створення і використання просторових зображень предметів на площині. Питання креслення образів відійшли на другий план, тобто зникла проблема, яку вирішувала нарисна геометрія Г. Монжа [9] в інженерній освіті.

Стратегічна мета інформатизації освіти полягає в глобальній раціоналізації інтелектуальної діяльності за рахунок використання засобів інформаційних технологій, в радикальному підвищенні ефективності і якості підготовки фахівців до рівня, досягнутого в розвинених країнах. Для досягнення цієї мети в суспільстві повинні бути забезпечені формування нової інформаційної культури мислення, адже інформатизація впливає на подальший розвиток нарисної геометрії і, як наслідок, на розвиток

інженерної та комп'ютерної графіки. Завдяки можливості створення, представлення, обробки, зберігання тривимірних об'єктів у віртуальному просторі і роботи з ними.

Для того щоб виконати реструктуризацію і подальшу модернізацію класичного навчального курсу нарисної геометрії і креслення для майбутніх інженерів залізничного транспорту, необхідно розглянути і проаналізувати можливості і обмеження найбільш поширеного і доступного програмного забезпечення, призначеного для конструкторсько-технологічного розв'язання інженерних задач – систем автоматизованого проектування (САПР).

Останніми роками питання використання систем автоматизованого проектування у підготовці фахівців розглядалися в роботах А. В. Бикова, А. М. Гедзика, О. М. Джеджули, В. В. Карабачевського, М. М. Козяра, І. Д. Нищак, М. М. Ожга, Г. О. Райковської, В. М. Слабко, О. В. Слободянюк, Б. Хокс, Ю. В. Шпильового, М. Ф. Юсупової та інших [2; 3; 16].

Метою публікації є огляд графічних систем автоматизованого проектування в процесі геометрографічної підготовки майбутніх інженерів залізничного транспорту.

У зв'язку зі швидким вдосконаленням засобів і методів автоматизованого проектування і виготовлення наукомістких, високотехнологічних виробів, щороку з'являється безліч принципово нових моделей комп'ютерів і програмного забезпечення до них. Сьогодні вже існують програми, в яких графіка в поєднанні з інженерними розрахунками дає змогу наочно проводити пошук оптимальної конструкції, компонування деталей, прогнозувати наслідки змін конструкції. Вже зараз можна стверджувати, що майбутнє інженерної діяльності – це CALS-технології (Continuous Acquisition and Lifecycle Support), які забезпечують комп'ютерний супровід і підтримку життєвого циклу виробу на всіх його етапах, що дає змогу швидко та ефективно здійснювати графічні роботи, є пакети прикладних програм – найпростіші графічні редактори [17].

Пакет прикладних програм – це набір програм, призначених для вирішення будь-яких завдань, залежно від яких їх можна розділити на дві групи: спеціалізовані та універсальні [2; 7; 8; 10; 12].

Спеціалізовані програмні прикладні пакети призначені для вирішення якого-небудь одного завдання. Можуть використовуватися як автономно, так і входити до складу універсальних систем. Наприклад, пакети програми для проектувальника (САПР), серед яких розрізняють такі види:

– пакети 2D-графіки, призначені для автоматизації процесу креслення під час проектування (вони бувають різноманітного ступеня складності і можуть бути використані на комп'ютерах різної потужності);

– пакети 3D-графіки, призначені для геометричного моделювання (з їх допомогою можуть бути розв’язані також метричні і позиційні задачі, створення 2D-креслення);

– пакети, що забезпечують інженерний аналіз (CAE) і дають змогу проектувальнику оцінити міцність, теплові та інші характеристики проєктованих виробів;

– різноманітні програми для нескладних розрахунків: розподілу напруження, знаходження центру ваги і моменту інерції, обчислення допустимих навантажень тощо.

Універсальні системи призначені для комплексної автоматизації процесів проєктування, аналізу та виробництва продукції машинобудування. Вони можуть містити одну або кілька спеціалізованих систем (CAD/CAM/CAE/PDM/PLM), які за умовною класифікацією поділяються на верхній, середній та нижній рівні (див. рис. 1).

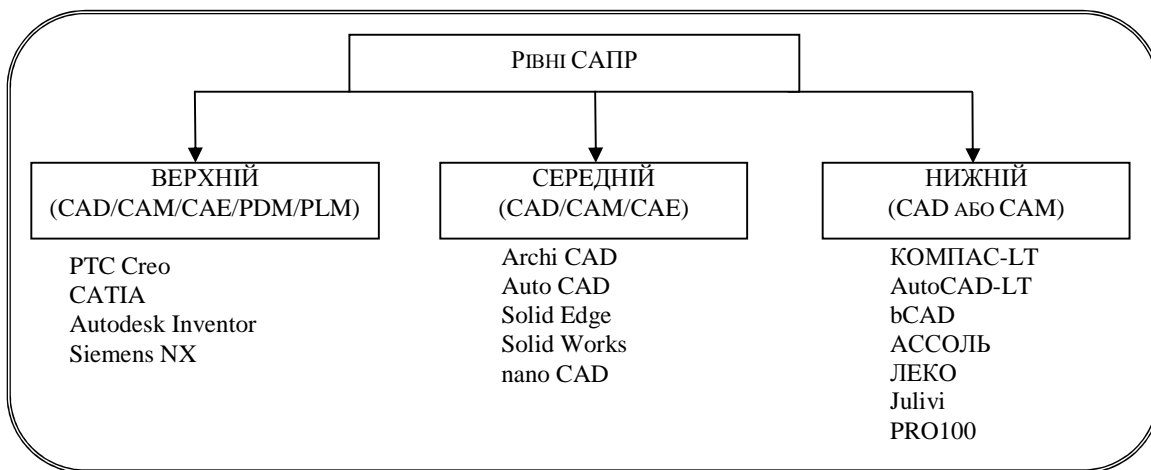


Рис. 1. Рівні систем автоматизованого проєктування

У загальному сенсі САПР – це єдиний комплекс, який об’єднує під однією назвою CAD-, CAM-, CAE- і PDM-системи. У рамках геометрографічної підготовки, розглянемо тільки CAD-системи, а свій вибір обґрунтуємо через розшифровку цих англomовних понять систем.

CAD-система (з англ. Computer Aided Design – комп’ютерне автоматизоване проєктування) – забезпечує всі аспекти проєктування з використанням засобів обчислювальної техніки; охоплює створення геометричних моделей виробу, а також робить генерацію креслярських документів і їхній супровід [7; 13].

CAM-система (з англ. Computer Aided Manufacturing – комп’ютерне автоматизоване виробництво) – це загальний термін для позначення систем автоматизованої підготовки виробництва, загальне поняття для позначення програмних засобів підготовки інформації для верстатів з числовим програмним управлінням. Традиційно початковими даними для таких систем є геометричні моделі виробів, отримані в системах CAD [7; 13].

CAE-система (з англ. Computer Aided Engineering – комп’ютерний автоматизований інженерний аналіз) – це загальне поняття для позначення інформаційного забезпечення умов автоматизованого аналізу проекту, метою якого є виявлення помилок або оптимізація виробничих можливостей [7; 13].

PDM-система (англ. Product Data Management – системи управління виробничою інформацією) – цей інструментальний засіб, який допомагає адміністраторам, інженерам, конструкторам керувати як даними, так і процесами розробки виробу на сучасних виробничих підприємствах або в групі суміжних підприємств [7; 13].

Далі ми розглядатимемо тільки CAD-системи, оскільки вони призначені для створення віртуальних геометричних об’єктів, що є прототипами для всіх інших систем комплексу САПР. Найбільш затребуваними і популярними у виробництві і промисловості є такі програмні продукти як – КОМПАС, T-FLEX CAD, AutoCAD, ProEngineer, SolidWorks, SolidEdge, ANSYS, Inventor [1; 4; 6; 11; 14; 16]. Розглянемо можливості цих САПР більш детально.

Доволі розповсюджена САПР «КОМПАС», що має можливості як двовимірного, так і тривимірного проектування. Асоціативні стандартні види, розрізи і перерізи генеруються автоматично з тривимірної моделі з дотриманням проекційного зв’язку. Зміни моделі призводять до автоматичної зміни зображень на кресленні. Дані для основного напису – позначення, найменування, маса, а також дані для специфікації синхронізуються з даними про тривимірну модель, і при зміні моделі автоматично змінюються дані в основному написі й специфікації та навпаки.

Крім того, програма КОМПАС наділена великою кількістю додаткових бібліотек, що автоматизують різні спеціалізовані завдання. І взагалі, існуюча в Компасі параметрична технологія дає можливість швидко отримувати моделі типових виробів на основі спроектованого прототипу.

Однією із найпоширеніших САПР є розроблена компанією Autodesk (USA) програма AutoCAD, яка знайшла широке застосування в машинобудуванні, будівництві, архітектурі та інших галузях промисловості. (програма випускається 18 мовами з 1982 року).

AutoCAD розвинулася з простого «електронного кульмана», що мав невелике число елементарних об’єктів – лінії, кола, дуги, текст, з яких склалися складні графічні примітиви, до нині, коли можливості AutoCAD дуже великі і є засобами 2D – і 3D-проектування, технології параметризації, шари і анотації, динамічні блоки, а також системи рендеринга Mental Ray для отримання високоякісної візуалізації твердотілих, поверхневих і полігональних моделей.

Також в програмі реалізовано управління тривимірним друком на

3D-принтері і підтримка хмар точок (набір вершин в тривимірній системі координат), що дає можливість працювати з результатами 3D-сканування.

Єдиний недолік системи AutoCAD – це відсутність тривимірної параметризації, що є в інших САПР. Цей недолік був заповнений включенням до складу AutoCAD2012 програми Inventor Fusion.

Спеціально для розробки складних машинобудівних виробів компанією Autodesk була розроблена ще одна система тривимірного твердотілого і поверхневого проектування Autodesk Inventor, яка призначена для створення цифрових прототипів промислових виробів.

Інструменти Inventor забезпечують повний цикл проектування і створення конструкторської документації: 2D/3D-моделювання; створення виробів з листового матеріалу і отримання їх розгорток; розробка електричних і трубопровідних систем; проектування оснащення для лиття пластмасових виробів; динамічне моделювання; параметричний розрахунок напружено-деформованого стану деталей і зборок; візуалізація виробів; автоматичне отримання і оновлення конструкторської документації – оформлення за ЄСКД [5].

Програмний комплекс SolidWorks, розроблений компанією Solid, – Works Corporation (нині незалежний підрозділ компанії Dassault Systems(Франція)), є САПР, призначена для автоматизації робіт промислових підприємств на етапах конструкторської і технологічної підготовки виробництва, яка забезпечує розробку виробів будь-якого рівня складності і призначення.

Так, наприклад, Solid Works має такі можливості як: 3D-проектування виробів з урахуванням специфіки їх виготовлення; створення конструкторської документації відповідно до ДУСТ; промисловий дизайн; реверсивний інжиніринг; інженерний аналіз (міцність, стійкість, теплопередача, частотний аналіз, динаміка механізмів, газогідродинаміка, оптика і світлотехніка, електромагнітні розрахунки); експрес-аналіз технологічності на етапі проектування.

Ще однією універсальною 2D/3D CAD-системою можна вважати комплексну поелементну систему Solid Edge від компанії Siemens PLM Software, що є відділом департаменту Siemens Industry Automation німецького концерну Siemens AG. Система Solid Edge надає можливість моделювання деталей і зборок, створення креслень, управління конструкторськими даними та має вбудовані засоби кінцево-елементного аналізу. Головною перевагою Solid Edge є відсутність дерева побудов, що є невід'ємним атрибутом інших САПР, наприклад, вищерозглянутої SolidWorks. Відсутність дерева спрощує редагування деталей, усуваючи необхідність його розшифровки, не порушують накладених на модель геометричних обмежень при внесенні змін.

3D-моделі в Solid Edge створюються без попереднього планування стратегії їх створення, а також дають можливість створювати моделі без допомоги складних команд із застосуванням різних сценаріїв моделювання

незалежно від методу створення моделі.

Моделювання без дерева побудови, ґрунтується на конструктивних елементах, що об'єднуються в групи, за аналогією 3D-моделюванням в системі AutoCAD, дає змогу уникнути тривалої перебудови всієї моделі при внесенні в неї змін, зберігаючи при редагуванні найважливіші геометричні взаємозв'язки.

Універсальна САПР для промислових компаній ProEngineer, що розробляється компанією Pro/ENGINEER® корпорації Parametric Technology Corporation (PTC), яку створив Самуїл П. Гейзберг у 1985 році, – (колишній професор Ленінградського університету, який емігрував до Сполучених Штатів у 1974 р.) є однією із складних, але водночас дуже могутньою САД-системою, оскільки поєднує в собі десятки модулів для виконання конкретних технічних задач.

Окрім того, ProEngineer займає місце першої іноземної САПР з параметричними зв'язками між елементами моделей, вузлів і модулями програми та історією створення моделі і вузла. Проте, нарівні зі складністю ProEngineer має необмежені можливості і здібності: об'єктне орієнтоване параметричне проектування, єдина інформаційна модель виробу, параметризація, асоціативність, повторне використання інженерних даних, наскрізний цикл «проектування – виробництво» і багато іншого.

Геометричний моделювальник універсальної програмної системи звичайно-елементного аналізу ANSYS (виробник: ANSYS Inc., США), найпопулярніший у фахівців серед CAE-систем, призначений для створення геометричних моделей за допомогою графічних примітивів, операцій з ними і їх параметричним описом.

Побудова твердотілих моделей в ANSYS можлива двома способами: за допомогою булевих операцій набору готових примітивів або послідовної ієрархічної побудови, починаючи з опорних точок, ліній, сплайнів і далі до «твердого» тіла. Наявність цих варіантів побудови дає гнучкі можливості для швидкого створення складних виробів.

Вищевикладений аналіз найпопулярніших систем автоматизованого проектування дає підстави зробити висновок про те, що всі вони мають функцію 3D-моделювання. Важливо зазначити, що сьогодні немає підприємства (фірми, компанії, установи), яке розробляло б свої проекти без використання тієї або іншої САПР.

Розробники САПР, зі свого боку, розуміють, що для розвитку їхнього продукту, зокрема компанії потрібна сумісність форматів САПР, тому кожна нова версія пакетів програм має все більше можливостей і розширень для сумісності форматів, що надає потенційним користувачам можливості використовувати будь-який САПР для редагування і доопрацювання проектів, створених в будь-якій іншій графічній системі.

Отже, майбутні інженери після завершення навчання у вищому навчальному закладі і отримання диплому повинні володіти навичками роботи хоча б в одному пакеті систем автоматизованого проектування, а

міцний запас теоретичних знань і практичних навичок з нарисної геометрії та інформаційних технологій слугуватиме базовим фундаментом при вивченні й опануванні інших САПР.

На наш погляд, конкретизація і вибір графічної системи повинні йти з боку випускаючих кафедр, оскільки саме вони мають інформацією про те, в який саме САПР працює той чи інший споживач (фірма/компанія/установа), для якої здійснюється підготовка фахівця.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:**

1. Банах Д. Autodesk Inventor / Д. Банах, Т. Джонс, А. Каламейя. – Москва : Лори, 2006. – 714 с.
2. Быков А. В. Компьютерные чертежно-графические системы для разработки конструкторской и технологической документации в машиностроении : уч. пос. для нач. проф. образования / А. В. Быков В. Н. Гаврилов, Л. М. Рыжкова [та ін.]; под общей ред. Л. А. Чемпинского. – Москва : Академия, 2002. – 224 с.
3. Гедзик А. М. Система підготовки майбутнього вчителя технологій до викладання курсу креслення в загальноосвітніх навчальних закладах: автореф. дис. ... докт. пед. наук / А. М. Гедзик; НУБіП України. – Київ, 2011. – 47 с.
4. Джеджула О. М. Теорія і методика графічної підготовки студентів інженерних спеціальностей вищих навчальних закладів : автореф. дис. ... докт. пед. наук / О. М. Джеджула; Тернопільський нац. пед. ун-т імені Володимира Гнатюка. – Тернопіль, 2007. – 47 с.
5. Карабчевський В. В. Комп'ютерна підтримка зв'язку між операціями над двовимірними і тривимірними моделями: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. В. Карабчевський ; Держ. вищ. навч. заклад «Донец. нац. техн. ун-т». – Донецьк, 2006. – 14 с.
6. Козяр М. М. Методичне забезпечення графічної підготовки спеціаліста у вищому закладі освіти (на прикладі немашинобудівних спеціальностей) : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / М. М. Козяр ; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. – Київ, 2000. – 21 с.
7. Нищак І. Д. Розвиток технічного мислення майбутніх учителів трудового навчання у процесі графічної підготовки засобами інформаційних технологій : автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / І. Д. Нищак. – Київ, 2009. – 22 с.
8. Ожга М. М. Методика навчання систем 3D проектування майбутніх інженерів-педагогів комп'ютерного профілю : автореф. ... дис. канд. пед. наук : 13.00.02 / М. М. Ожга ; УПА. – Харків, 2015. – 20 с.
9. Райковська Г. О. Теоретико-методичні засади графічної підготовки майбутніх фахівців технічних спеціальностей засобами інформаційних технологій: автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.04 / Г. О. Райковська. – Київ, 2011. – 46 с.
10. Слабко В. М. Професійна підготовка майбутніх учителів технологій



- до навчання основ дизайну : монографія / В. М. Слабко. – Херсон : ФОП Грінь Д. С., 2014 . – 220 с.
11. Слободянюк О. В. Формування вмінь з інженерної і комп'ютерної графіки в умовах дистанційного навчання : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / О. В. Слободянюк; Ін-т пед-ки НАПН України. – Київ, 2010. – 20 с.
  12. Шпильовий Ю. В. Методика навчання систем автоматизованого проектування в процесі підготовки майбутніх учителів технологій [Текст] : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Ю. В. Шпильовий; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. – Київ, 2015. – 22 с.; Юсупова М. Ф. Методика інтерактивного навчання графічних дисциплін у вищих технічних навчальних закладах : автореф. дис. ... доктора пед. наук / М. Ф. Юсупова. – Київ : АПН України, 2010. – 29 с.
  13. Глушаков С. В. AutoCAD 2008 / С. В. Глушаков, А. В. Любак, А. В. Седых. – Москва : АСТ, 2008. – 448 с.
  14. ЄСКД [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [uk.wikipedia.org/wiki/](http://uk.wikipedia.org/wiki/)
  15. Компас-3D V12. Руководство пользователя. Том I. – СПб. : ЗАО АСКОН, 2010. – 416 с.; Компас-3D V12. Руководство пользователя. Том II. – СПб. : ЗАО АСКОН, 2010. – 380 с.
  16. Кунву Ли. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) – СПб. : Питер, 2004. – 560 с.
  17. Малюх В. Н. Введение в современные САПР : курс лекций. – Москва : ДМК Пресс, 2010. – 192 с.
  18. Монж Гаспар. Назва з екрану. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://ru.wikipedia.org/wiki>
  19. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования. – Москва, 2006. – 448 с.
  20. Руководство пользователя по Компас-Вертикаль. – Москва : ЗАО АСКОН, 2008. – 240 с.
  21. Семенов І. В. Новітні засоби створення конструкторсько-графічної документації / Семенов І. В., Перепелиця Є. О. – Київ: НПУ, 2006. – 106 с.
  22. Система автоматизированного проектирования. Название с экрана. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://rucadcam.ru>.
  23. Тику Ш. Эффективная работа: SolidWorks 2004 / Ш. Тику. – СПб. : Питер, 2005. – 768 с.
  24. Трофимов С. А. CASE-технологии. Практическая работа в Rational Rose / С. А. Трофимов. – Москва : Бином, 2002. – 284 с.
  25. Хокс Б. Автоматизированное проектирование и производство / Б. Хокс ; пер. с англ. – Москва : Мир, 1991. – 296 с.
  26. CALS-технологии. Интегрированная логистическая поддержка изделий на этапе эксплуатации. Название с экрана. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://trim.ru/ru/solut\\_csprc.html](http://trim.ru/ru/solut_csprc.html)