

УДК 371. 01+37.018
DOI: 10.24144/2524-0609.2023.52.247-251

Шостачук Андрій Миколайович

кандидат технічних наук, доцент
кафедра механічної інженерії

Державний університет Житомирська політехніка, м.Житомир, Україна
vbnauka@i.ua

<http://orcid.org/0000-0002-4924-1222>

ФОРМУВАННЯ ПРОСТОРОВОЇ УЯВИ У МАЙБУТНІХ КОНСТРУКТОРІВ-МЕХАНІКІВ

Анотація. Трагічні події в Україні ще ясніше висвітлювали проблеми та пріоритети у вищій освіті, де протягом кількох останніх десятиліть зменшувалася кількість студентів, які вступали на інженерні спеціальності, знижувалась привабливість інженерної освіти взагалі. Промислові підприємства, агроінженерія, медицина, сучасна українська армія терміново вимагають значної кількості інженерних спеціалістів, зокрема, механіків, які б могли створювати, вдосконалювати та ремонтувати сучасну, як правило, досить складну техніку. Серед базових знань майбутніх бакалаврів-механіків з фізичних, математичних, загально-інженерних та спеціальних дисциплін, необхідно виокремити наявність просторової уяви та просторового мислення, які дозволяють створювати нові об'єкти – механічні системи шляхом виробництва нової технічної документації у вигляді складальних та робочих креслеників. Дана робота присвячена розгляду та аналізу процесу формування просторової уяви та просторового мислення в процесі здобуття студентом інженерної освіти в університеті. Для вирішення завдань дослідження було використано **методи:** теоретичний (вивчення та аналіз навчальної та наукової літератури) та ймовірнісний (оцінка ймовірності отримання необ'єктивної оцінки при тестуванні). Висвітлено передбачені навчальним планом дисципліни, які допомагають розвивати просторову уяву та просторове мислення, розглянуто відповідні задачі в процесі їх ускладнення. Дано більш чітке визначення термінів «просторова уява» та «просторове мислення» в контексті розв'язання задач, які ставлять перед бакалавром-механіком. Запропоновано визначити рівні володіння просторовою уявою та просторовим мисленням, які разом з оцінюванням знань, вмінь та навичок з інших загально-інженерних та спеціальних дисциплін допоможуть сформувати думку про відповідність майбутнього бакалавра-механіка творчій професії створення нових механічних систем.

Ключові слова: інженер-механік, інженерна освіта, механічна система, кресленик, просторова уява, просторове мислення.

Вступ. Сучасна машина представляє собою, як правило, поєднання джерела енергії (наприклад, електричного двигуна або двигуна внутрішнього згоряння) та механічної частини, яка, як правило, складається з деякої кількості механізмів і для кожного необхідно дослідити кінематичні характеристики руху ланок, розрахувати силові параметри та виготовити робочі та складальні кресленики. Тому основним виконавцем документації на виготовлення, складання, випробовування, транспортування та зберігання механічних систем є бакалавр-конструктор, бакалавр-механік. Серед великої різноманітності інженерних професій професія конструктора (механіка) має деякі особливості, пов'язані з конструюванням об'єктів, перше виготовлення яких планується. Це стосується таких нових об'єктів, як автомобілі, сільськогосподарська техніка, металообробне, складальне, ливарне та ковальсько-пресове обладнання, різноманітні технологічні лінії, а також об'єкти будівництва – будівлі, споруди, мости, тунелі, дамби тощо.

Виробництво робочих та складальних креслеників завжди супроводжується виконанням поточних розрахунків з визначення геометричних параметрів, кінематичних та силових характеристик. Здійснення таких розрахунків вимагає володіння певним об'ємом знань та навичок. Але часто поза належною увагою залишається розвиток майбутнім механіком та конструктором просторової уяви, яка задіяна протягом всього процесу виконання робочих та складальних креслеників, ескізів тощо. Хоча під час занять з нарисної геометрії та технічного креслення пропонуються задачі для розвитку просторової уяви, ясна класифікація таких задач та описання рівнів їх складності для відповідного контролю поки що відсутні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Головня В.Д. [1, с.60-61] розвиток просторової уяви, конструкторсько-геометричного мислення, здатність

до аналізу і синтезу просторових форм відносить до основних задач нарисної геометрії. Але зазначає, що у більшості абітурієнтів, які приходять навчатися інженерних спеціальностей, просторова уява, конструктивне мислення практично відсутні. Автор наголошує, що в умовах скорочення годин використання комп'ютерів та сучасного програмного забезпечення дозволяє працювати з об'єктами у тривимірному просторі. Автор зазначає, що формування необхідного рівня просторового мислення за допомогою ЕОМ необхідно починати з нарисної геометрії.

Канівець О.В та ін. в роботі [2, с.214] зазначають, що основною задачею підготовки студентів технічних спеціальностей є розвиток просторового мислення, яке необхідне для якісного читання та створення креслеників. Для чого використовують епюри, фотографії та технічні рисунки. Але навчити студентів читати кресленики є досить складним завданням, що пов'язано з необхідністю розвитку навичок орієнтації у тривимірному просторі, тобто просторової уяви. Авторами пропонується результати розроблення мобільних додатків доповненої реальності для вивчення тривимірних моделей. Проведений авторами аналіз програм для 3D моделювання дав можливість обґрунтувати вибір цифрового продукту з відкритим кодом. Подано методичку створення мобільних додатків для доповненої реальності, висвітлено основні етапи розробки додатку доповненої реальності, починаючи від встановлення ігрового рушія до його тестування та демонстрації роботи. В якості мови програмування було використано мову C#.

Козяр М.М. та Кривцов В.В. [3, с.41-42] зазначають, що результативність вивчення нарисної геометрії безпосередньо залежить від просторової уяви студента. Вона у кожній окремій людині виражена по-різному, проте дослідження виявили, що наше уявлення простору можна суттєво підвищити завдя-

ки заняттям нарисною геометрією. Автори відзначають особливості використання в навчальному процесі майбутніх інженерів програм, які дають можливість візуалізації 3D зображень технічних об'єктів, але, не відмовляючи у впровадженні в навчальний процес сучасних комп'ютерних графічних пакетів, вважають, що їх використання є актуальним і доцільним лише після оволодіння теоретичної бази, оскільки студенти ще не мають достатніх знань з формоутворення та побудови зображень.

Робота Голянд І. присвячена технічному розвитку студентів закладів вищої освіти засобами графічного навчання. Такими засобами є, на думку автора [4, с. 84, 91], наступні дисципліни: інженерна та комп'ютерна графіка, проектна графіка, дизайн, нарисна геометрія та креслення, прикладне геометричне моделювання та ін. Пропонується системний підхід, який передбачає поетапне представлення графічної інформації у вигляді задач на побудову, з подальшим їх ускладненням та переходом від площинного зображення до просторового образу.

В роботі [5, с. 69] автори звертають увагу на важливість використання графічних програмних серведовищ для виконання графічних документів, але наголошують, що для того, щоб скористатися перевагами цих програмних продуктів, необхідно мати добре розвинену просторову уяву та просторове мислення. Їх формувати автори пропонують саме під час графічної підготовки на заняттях з нарисної геометрії та технічного креслення. Це, мабуть, базовий, перший, але не останній етап вдосконалення просторової уяви та просторового мислення у студентів, якщо брати до уваги зміст завдань, які студенти розв'язують під час вивчення подальших загальноінженерних дисциплін.

Сметанкін С.О. [6, с. 186] зазначає, що нарисна геометрія та технічне креслення включені у навчальні плани для підготовки студентів біля 70 спеціальностей вищих закладів освіти I-IV рівнів акредитації, в той час як у школах креслення вивчають не більше 40% учнів, часто половина студентів не мають початкових графічних знань та вмінь. З проблемою формування просторової уяви, розвитку просторового мислення у студентів, зіштовхується на своїх парах кожний викладач дисципліни «інженерна та комп'ютерна графіка». Тому важливе місце в курсі інженерної та комп'ютерної графіки займає остаточне оволодіння та закріплення прийомів, які потрібні студентам для створення образів при читанні креслення.

Таким чином, автори вищенаведених робіт мають загалом спільну думку стосовно важливості просторової уяви та методики її формування у майбутніх бакалаврів-механіків, яка полягає у створенні базових знань на уроках з нарисної геометрії та інженерної графіки із залученням відповідних програмних продуктів.

Метою статті є визначення змісту підготовки майбутніх бакалаврів-механіків в плані розвитку просторової уяви та просторового мислення для їх використання в процесі створення конструкторської документації нових механічних систем. Для вирішення завдань дослідження було використано **методи**: теоретичний (вивчення та аналіз навчальної та наукової літератури) та ймовірнісний (оцінка ймовірності отримання необ'єктивної оцінки при тестуванні).

Виклад основного матеріалу. Оскільки зазначені вище об'єкти представляють собою тримірні тіла (системи), виникає складність при їх проектуванні, яка полягає в тому, що необхідно, по-перше, для тривимірних систем створити складальні та ро-

бочі кресленики, які є плоскими рисунками, а, по-друге, дані тривимірні системи мають, як правило, складну геометричну форму та складаються з багатьох деталей. Для того, щоб створити такі кресленики, конструктор, механік повинен володіти добре розвиненим просторовим мисленням, тим більше, що такі кресленики містять, як правило, велику кількість додаткових виглядів, перерізів, тощо. Не відкидаючи наявність у майбутніх конструкторів вроджених здібностей, вважаємо, що велика роль в їх розвитку належить навчальним курсам, які викладаються в університеті, таким як нарисна геометрія, технічне креслення, інженерна та комп'ютерна графіка, основи конструювання деталей машин. Загалом, даних дисциплін достатньо, щоб сформувати у студента просторову уяву, вміння та навички розв'язування відповідних задач, як суто навчального характеру, так і пов'язаних із зображенням реальних механічних систем. Але, очевидно, доцільно запропонувати більш чіткі класифікації та критерії для оцінки розвитку просторової уяви та просторового мислення.

При розгляді проблеми розвитку у студентів – майбутніх механіків просторової уяви доцільно використовувати такі терміни, як «просторова уява» та «просторове мислення». Ці терміни мають багато спільного, але їх необхідно розрізняти. Під першим розуміють, в основному, створення просторових образів, під другим – оперування ними в процесі розв'язання певних технічних або технологічних завдань. Коли розглядають виробництво технічної документації майбутніх механічних систем, то мають на увазі, в першу чергу, звичайно, просторову уяву. Це стосується більшості складальних та робочих креслеників. Але в складних механічних системах (автомобілі, верстати, технологічні лінії тощо), до складу яких входить велика кількість механізмів, ланки в процесі виконання певних технологічних операцій переміщуються в просторі одна відносно іншої або всі рухомі ланки переміщуються відносно нерухомої ланки по певним наперед визначеним траєкторіям. В даному випадку, коли необхідно уявляти таке просторове переміщення ланок механізму, причому переміщення взаємопов'язане, як в просторі так і в часі, доцільно вживати термін «просторове мислення». Ситуації, коли ланки переміщуються в просторі, розглядають при вивченні навчальної дисципліни «Теорія механізмів і машин», де в рамках кінематичного аналізу досліджують траєкторії, швидкості та прискорення ланок механізмів, а також при вивченні дисципліни «Основи конструювання деталей машин», коли виготовляють складальні кресленики механічних систем, утворених багатьма рухомими ланками. Просторове мислення передбачає вміння по плоским кресленням або схемам уявити траєкторії ланок в тривимірній системі координат. Ці траєкторії часто представляють собою поверхні високих порядків, особливо це стосується просторових механізмів.

Очевидно, що формування просторової уяви починається (рис.1) в процесі вивчення дисципліни «Нарисна геометрія та інженерна графіка» в темах «Проекціювання точки», «Проекціювання прямої», «Проекціювання площини» та «Аксометричне проекціювання», «Переріз поверхонь», «Перетин поверхонь», «Розгортки поверхонь». При вивченні навчальної дисципліни «Теоретична механіка» студентам необхідна просторова уява для побудови в просторі траєкторій, а також векторів швидкостей та прискорень, як векторних добутоків при дослідженні обертального та складного рухів матеріальної точки та твердого тіла.

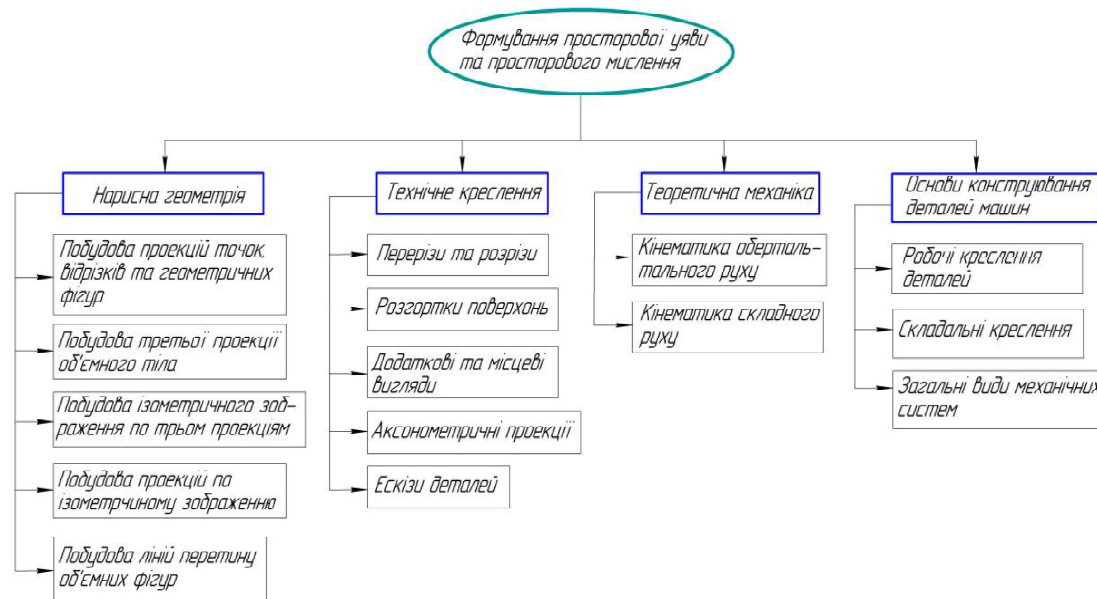


Рис.1. Формування просторової уяви майбутніх бакалаврів-механіків.

Прикладними дисциплінами, в яких приділяється увага плоским зображенням тримірних об'єктів (систем) є «Теорія механізмів і машин», але, за виключенням роботів і маніпуляторів, переважна більшість механізмів, які пропонується студентам для синтезу та аналізу, є плоскими механізмами (важільні, кулачкові, зубчасті тощо). Дійсні тримірні механічні системи у вигляді їх плоских зображень пропонуються студентам при вивченні дисципліни «Основи конструювання деталей машин». Тут є як задачі синтезу (створення нових механізмів), так і задачі аналізу (дослідження кінематичних та силових характеристик окремих ланок механізму). Складність створення плоских зображень об'ємних тіл виникає тоді, коли це тіло має неправильну геометричну форму, утворену плоскими, циліндричними, конічними, сферичними та іншими поверхнями та лініями їх перетину. Далі, в процесі створення механічної системи, яка складається з багатьох елементів (твердих тіл), що рухомо чи нерухомо з'єднуються між собою, виникають питання видимості чи невидимості того чи іншого елемента чи його окремих поверхонь та ліній. Правильність плоских зображень механічних систем обумовлює їх вірний розрахунок, зокрема, геометричний. В першу чергу, це стосується розмірних ланцюгів складальних креслеників. Також правильне плоске зображення тривимірної механічної системи обумовлює виготовлення правильних робочих креслеників на виготовлення окремих деталей та коректне написання технології як на виготовлення окремих елементів механічної системи, так і на процес її складання.

Таким чином, просторова уява і просторове мислення виходять, поряд з математичною освітою на перше місце при підготовці майбутніх механіків та конструкторів. Тобто, не тільки без математичних знань, а і без розвинутої просторової уяви конструктор не зможе виконувати кресленики тих об'єктів, яких ще не існує і виготовлення яких тільки планується.

Очевидно, варто сформулювати задачу формування та розвитку просторової уяви як наскрізне навчання вмінно формувати об'ємні об'єкти (системи) та відповідні їм плоскі кресленики. Конструювання нових об'єктів відбувається саме у такому порядку: створюють плоскі складальні кресленики об'ємних структур з необхідною кількістю основних та додат-

кових виглядів та перерізів, які і дають змогу уявити дану структуру в об'ємі в цілому. Далі виробляють робочі кресленики. Трапляються ситуації, коли новий тримірний об'єкт необхідно вписати в деякий обмежений простір. Тоді конструктор повинен уявляти собі спочатку зовнішню форму цього геометричного об'єкту в тривимірному просторі з дотриманням вимог щодо габаритних та прив'язочних розмірів, після чого виробляються складальні та робочі кресленики.

Оскільки серед студентів – майбутніх бакалаврів-механіків далеко не у всіх є розвиненими просторова уява та просторове мислення, очевидно, є доцільним передбачати спеціальні задачі для розвитку даних здібностей протягом всього процесу навчання, для того, щоб вони по плоским кресленикам могли бачити об'єму структуру «із закритими очима». Без достатньо розвинутої просторової уяви механік або конструктор не зможуть проєктувати нові тримірні системи, зображуючи їх на плоских креслениках.

На першому етапі студенти на заняттях з нарисної геометрії будують проєкції тримірних тіл та в аксонометрії тримірні тіла за заданими проєкціями. Для того, щоб побудувати об'ємне тіло в аксонометрії по трьом проєкціям, необхідно спочатку подумати його уявити. Такі задачі формують у студента здатність цілісно уявляти та правильно зображувати тверде тіло в об'ємі по його плоским зображенням. Окремим видом задач є побудова третьої проєкції за заданими двома. Особливість цієї задачі полягає в тому, щоб для того, щоб студент зміг побудувати третю проєкцію деталі, він повинен по двом проєкціям уявити деталь в об'ємі в цілому, тільки після цього він зможе побудувати третю проєкцію. Крім того, уявити деталь по двом проєкціям складніше, ніж по трьом. Тут об'єктом розгляду є тільки одне тверде тіло. Далі розглядають перетин кількох об'ємних тіл різної геометричної форми.

Умовно розвиток просторової уяви та просторового мислення студентів можна розділити на три рівні (відповідно оцінкам 3, 4 та 5), склавши для оцінювання 10 тестів, в кожному з яких пропонується 5 можливих відповідей. Шість правильно розв'язаних тестів відповідає оцінці «задовільно», 7 та 8 – оцінці «добре», 9 та 10 правильно розв'язаних тестів оцінюються як «відмінно». Ймовірність вгадування такого тесту навіть для отримання оцінки «задо-

вільно» є досить малою [7, с.244-245], на рівні долей відсотка. Але подібні задачі мають зазвичай різний рівень складності. Тому більш точним оцінюванням буде складання 10 тестів для кожного з трьох рівнів – «задовільно», «добре» та «відмінно» з отриманням студентом позитивної оцінки, якщо кількість правильних відповідей буде складати не менше 50% відповідного тесту.

Викладений матеріал дозволяє зробити наступні **висновки**. Серед багатьох знань і навичок (математичні та фізичні знання, володіння загально-інженерними та спеціальними дисциплінами), що висуваються до бакалавра-механіка (конструктора), який створює нові механічні системи, необхідно виокремлювати просторову уяву та просторове мислення, які дозволяють створювати уявні об'єкти та оперувати ними в процесі виготовлення технічної документації

у вигляді складальних та робочих креслеників, уявно моделювати функціонування таких систем та їх складових частин, тощо. Без розвинутої просторової уяви та просторового мислення конструктор не зможе уявляти собі об'єкти, яких ще не існує, але які необхідно створити, не зможе якісно виконувати кресленики, окремі вигляди та перерізи. В зв'язку з цим необхідно, вважаємо, структурувати ті завдання, які формують у студента просторову уяву та просторове мислення, протягом вивчення кількох дисциплін, сформувавши рівні знань та критерії оцінки розвитку просторової уяви та просторового мислення. Це дозволить не тільки давати для отримання диплому бакалавра-механіка, а формувати більш об'єктивну оцінку здатності студента до виконання конструкторської діяльності, метою якої є створення нових технічних об'єктів.

Список використаної літератури

1. Головня В.Д. Новий етап у графічній підготовці студентів вищих технічних навчальних закладів. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*. 2013. Вип. 1 (32). С.59–62.
2. Канівець О.В., Канівець І.М. Кононець Н.В., Горда Т.М. Розроблення мобільних додатків доповненої реальності для вивчення тривимірних моделей із інженерної графіки. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2020. Вип.79 (5). С.213–228.
3. Козяр М.М., Кривцов В.В. Нарисна геометрія: досвід, проблеми, перспективи. *Науковий часопис НПУ імені М.П.Драгоманова. Серія 13: Проблеми трудової та професійної підготовки*. 2017. Вип. 8. С.40-48.
4. Golijad I. Педагогічні засоби графічного навчання у технічному розвитку студентів закладів вищої освіти. *Spoleczeństwo Edukacja Język*. 2019ю Вип. 10. S.81–94.
5. Козачко О.М., Козачко А.О. Графічно-інформаційні технології формування професійної спрямованості студентів технічних ВНЗ в процесі вивчення інженерної та комп'ютерної графіки. *Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка*. 2016. Вип. 3. С.69–73.
6. Сметанкін, С.О. Формування просторового мислення студентів як одне із завдань викладача з дисципліни «інженерна та комп'ютерна графіка». *Інноваційні технології у виробництві та підготовці фахівців технологічної, професійної освіти та сфери обслуговування*. Херсон: Айлант, 2015. С.186–190.
7. Шостачук А.М. Контроль та оцінювання загальноінженерної та математичної підготовки студентів-механіків перед вивченням дисципліни «теорія механізмів і машин». *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*. 2019. Вип. 2 (45). С.243–246.

References

1. Holovnia, V.D. (2013). Novyi etap u hrafichnii pidhotovtsi studentiv vyshcheykh tekhnichnykh navchalnykh zakladiv [A new stage in the graphic training of students of higher technical educational institutions]. *Scientific Herald of Uzhhorod University. Series: «Pedagogy. Social Work»*, 1 (32), 59–62. [in Ukrainian]
2. Kanivets, O.V., Kanivets, I.M. Kononets, N.V., & Horda, T.M. (2020). Rozroblennia mobilnykh dodatkov dopovnenoї realnosti dlia vuvchennia tryvymirnykh modelei iz inzhenernoї hrafiky [Development of augmented reality mobile applications for studying three-dimensional models from engineering graphics]. *Information technologies and teaching aids*, 5 (79), 213–228. [in Ukrainian]
3. Koziar, M.M., & Krivtsov, V.V. (2017). Narysna heometriia: dosvid, problemy, perspektyvy [Sketch geometry. The experience, the problems and the prospects]. *Scientific journal of M.P.Drahomanov National Pedagogical University, Series 13*, 8, 40–48. [in Ukrainian]
4. Golijad, I. (2019). Pedagogichni zasoby hrafichnoho navchannia u tekhnichnomu rozvytku studentiv zakladiv vyshchoї osvity [Pedagogical means of graphic teaching in the technical development of students of higher education institutions]. *Society Education Language*, 10, 81–94. [in Ukrainian]
5. Kozachko, O.M., & Kozachko, A.O. (2016). Hrafichno-informatsiini tehnolohii formuvannia profesiinoї spriamovanosti studentiv tekhnichnykh VNZ v protsesi vuvchennia inzhenernoї ta komp'uternoї hrafiky [Graphic and information technologies of formation of professional orientation of students of technical universities in the process of studying engineering and computer graphics]. *Bulletin of Zhytomyr Ivan Franko State University* 3, 69–73. [in Ukrainian]
6. Smetankin, S.O. (2015). Formuvannia prostorovoho myslennia studentiv yak odne iz zavdan vykladacha z dystsypliny «inzhenerna ta komp'yuterna hrafika» [Formation of spatial thinking of students as one of the tasks of the teacher in the discipline «engineering and computer graphics»]. *Innovative technologies in the production and training of technological, professional education and service specialists*, 186–190. [in Ukrainian]
7. Shostachuk, A.M. (2019). Kontrol ta otsiniuvannia zahalnoinzhenernoї ta matematychnoї pidhotovky studentiv-mekhanikiv pered vuvchenniam dystsypliny «teoriia mekhanizmiv i mashyn» [Control and assessment of general engineering and mathematical training of mechanical students before studying the discipline "theory of mechanisms and machines"]. *Scientific Herald of Uzhhorod University. Series: «Pedagogy. Social Work»*, 2 (45), 243–246. [in Ukrainian]

Стаття надійшла до редакції 30.03.2023 р.

Стаття прийнята до друку 04.04.2023 р.

Shostachuk Andrii

Candidate of Technical Sciences, Ph.D., Associate Professor
Department of Engineering Mechanics
State University Zhytomyr Polytechnic, Zhytomyr, Ukraine

FORMATION OF SPATIAL IMAGINATION IN THE FUTURE MECHANICAL DESIGNERS

Abstract. The events of the last year have even more clearly highlighted the problems and priorities in higher education, where during the last few decades the number of students who wanted to study in engineering specialties

has decreased, and the attractiveness of engineering education in general has decreased. Modern industrial enterprises, Ukrainian agricultural engineering, medical equipment, modern Ukrainian army urgently require a significant number of engineering specialists, in particular, mechanics who could create, improve and repair modern, as a rule, rather complex equipment. Among the basic knowledge of future mechanical bachelors it is necessary to single out the presence of spatial imagination and spatial thinking, which allow creating new mechanical systems by producing new technical documentation in the form of assembly and working drawings. In the process of creating new objects, the designer solves two main tasks: the first is the formation of an imaginary spatial object based on flat drawings, the second is the production of flat drawings based on an imaginary three-dimensional object. This work is devoted to the consideration and analysis of the process of formation of spatial imagination and spatial thinking in the process of obtaining an engineering education by a student at the university. In particular, the disciplines provided by the curriculum, which help to develop spatial imagination and spatial thinking, are highlighted, and relevant tasks in the process of their complication are considered. It is proposed to stage the process of forming spatial imagination among students, in particular, it is necessary to determine the levels of mastery of spatial imagination and spatial thinking, which, together with the assessment of knowledge, skills and abilities from other general engineering and special subjects, will help form an opinion about the suitability of the future bachelor of mechanics to the creative profession of creating new technical systems.

Key words: mechanical engineer, engineering education, mechanical system, drawing, spatial imagination, spatial thinking.