

УДК 675.03:678.046:685.34

DOI <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2025-3-11>

РОЗРОБКА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ШКІЛЬНОГО ОДЯГУ З ОЗНАКАМИ ЕРГОНОМІЧНОЇ АДАПТИВНОСТІ

А. В. СЕЛЕЗНЬОВА, кандидат технічних наук, доцент;

О. М. АНДРЕЄВА, асистент;

С. М. ГЕЙВАЩУК, асистент

(Хмельницький національний університет)

Анотація. У роботі вирішено актуальне науково-прикладне завдання щодо підвищення ергономічної якості шкільного одягу для дітей молодшого шкільного віку (6-10 років).

Актуальність теми зумовлена необхідністю створення комфортного та безпечного освітнього середовища, де одяг відіграє роль активної адаптивної системи, що не обмежує рухів дитини та сприяє правильному формуванню її опорно-рухового апарату.

Доведено, що існуючі методики конструювання, які базуються на статичній антропометрії, не враховують повною мірою кінематику рухів сучасного школяра. Це призводить до виникнення «статико-динамічного конфлікту», що негативно впливає на самопочуття дитини, яка близько 85% навчального часу перебуває у вимушеній позі «сидячи» або в динаміці, спричиняючи обмеження рухливості та порушення кровообігу.

На основі системного аналізу біомеханічної системи «дитина – одяг» експериментально встановлено величини динамічного приросту розмірних ознак, які є критичними для формоутворення. Визначено, що при переході з положення «стоячи» в робочу позу «письмо» довжина спини вздовж хребта збільшується на 4-6% (для дівчат – до 10%), лінійні виміри зовнішньої поверхні руки при згинанні зростають на 10-12% (максимально до 15%), а обхват талії в положенні сидячи збільшується на 4,5-6,0 см. Ці дані підкреслюють непридатність стандартних конструктивних прибавок, розрахованих переважно на статичну позу.

Науково обґрунтовано необхідність переходу від фіксованих прибавок до параметричного нормування. Запропоновано математичну модель розрахунку загальної конструктивної прибавки, яка включає змінну функціональну складову на динамічний виліт. Це дозволило нівелювати «ефект важеля», коли одяг чинить опір руху, та обґрунтувати збільшення прибавки по лінії грудей до 6-8 см.

Розроблено комплекс інноваційних конструктивно-технологічних рішень для хлопчиків та дівчаток: впровадження анатомічного крою рукава з попереднім вигином осі на 10 – 15 градусів; використання адаптивних еластичних вставок-ластовиць у проїмі та бічних швах; розробка конструкції динамічного поясу з використанням перфорованої еластичної тасьми, що забезпечує автоматичне регулювання об'єму.

Вдосконалено технологію виготовлення шляхом застосування селективного дублювання, що дозволило зберегти до 90% природної еластичності тканини в зонах найбільшого натягу. Результати експериментальної апробації підтвердили ефективність розробок: зниження сили динамічного опору одягу на 12,4%, підвищення рівня зручності виконання рухів на 60% та зростання показників зносостійкості виробів на 12,5%. Розрахунковий коефіцієнт динамічної відповідності конструкції плечового поясу підвищився з 0,72 до 0,91, що свідчить про створення адаптивної ергономічної системи. Інтегральний показник якості зріс на 35-53%, що свідчить про створення ергономічного продукту нового покоління.

Ключові слова: шкільна форма, молодший шкільний вік, ергономічна адаптивність, динамічна антропометрія, конструктивні прибавки, методи моделювання, комфорт, біомеханіка рухів.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку легкої промисловості та дизайну одягу відзначається трансформацією підходів до проектування дитячого асортименту, що зумовлено зміною пріоритетів від уніфікованих рішень до індивідуалізованого підходу. Особливої уваги вимагає комплексне забезпечення ергономічного комфорту, яке враховує анатомо-фізіологічні особливості дітей, вікову динаміку росту, рухову активність та психоемоційні потреби. Такий підхід сприяє підвищенню споживчої цінності виробів, формуванню безпечного та функціонально обґрунтованого одягу, а також відповідає

сучасним тенденціям сталого розвитку та орієнтації на потреби споживача.

Актуальним також постає питання шкільної форми, яке є предметом соціальної дискусії, оскільки поєднує вимоги стандартизації та дисциплінуючої функції з необхідністю забезпечення ергономічного комфорту, індивідуалізації та відповідності сучасним вимогам якості, безпеки та функціональності дитячого одягу.

Моніторинг профільних освітніх ресурсів (зокрема платформ «Osvita.ua», «Батьки SOS» тощо) та аналіз громадської думки демонструють стійку тенденцію до поляризації

поглядів, що свідчить про кризу традиційного підходу:

– 30-40% респондентів (переважно батьки) підтримують впровадження форми, аргументуючи це нівелюванням майнової нерівності та зниженням побутового стресу («ранковий вибір одягу»).

– 60-70% респондентів (батьки та учні) висловлюють негативне ставлення, вказуючи на економічну недоцільність, незадовільну якість матеріалів, ергономічну невідповідність та естетичну застарілість виробів.

Такий аналіз дозволяє стверджувати, що соціальний спротив викликаний не самою концепцією дрес-коду, а її технічною реалізацією. Проблема лежить у площині невідповідності конструктивно-технологічних рішень сучасним вимогам.

По-перше, проектування шкільного одягу потребує врахування специфіки навчального процесу, під час якого дитина перебуває у стані тривалої статико-динамічної напруги. Традиційний підхід часто базується на застарілих нормативах, орієнтованих на статичну позу, та ігнорує реальну кінематику рухів сучасного школяра. Такий дисбаланс призводить до обмеження рухливості суглобів, порушення мікроциркуляції крові та, як наслідок, швидкої психофізіологічної втомлюваності, що негативно впливає на соматичне здоров'я дитини. Актуальність теми підсилюється необхідністю імплементації нових стандартів безпеки та комфорту [1, 2, 3].

По-друге, існує проблема психологічної невідповідності. Дизайн форми, що базується на застарілих культурних кодах, вступає в конфлікт із сучасною молодіжною естетикою. Нав'язаний «архаїчний» образ викликає у підлітків відчуття когнітивного дисонансу, а естетична непривабливість одягу може стати тригером зниження самооцінки та соціальної активності учня.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз фахової наукової літератури, присвяченої проблемам проектування дитячого одягу, свідчить про зміну підходів до розробки шкільної форми. Сучасні дослідження фіксують переорієнтацію від суто естетичних та уніфікаційних критеріїв до пріоритетного врахування ергономічного комфорту, анатомо-фізіологічних особливостей дітей та впровадження здоров'язбережувальних технологій. Така зміна підходів зумовлена зростанням усвідомлення ролі одягу як активного чинника впливу на функціональний стан опорно-рухового апарату, рухову активність і загальне самопочуття школярів у процесі навчальної діяльності.

У працях [1, 2] обґрунтовано, що в ієрархії показників якості шкільного одягу важливе місце посідає саме ергономічна складова. Зокрема, у дослідженнях [1] доведено пряму кореляцію між ігноруванням психофізіологічних та антропометричних особливостей школярів і прискореною

втомлюваністю та зниженням розумової працездатності.

Автори [3] розглядають одяг як вагомий фактор оздоровчого впливу, що вимагає неухильного дотримання комплексу гігієнічних та конструктивних вимог.

Значний науковий інтерес становить пошук шляхів оптимізації ергономіки через впровадження принципів трансформації та використання інноваційних матеріалів [4, 5, 8]. Експериментально підтверджено [5, 16], що застосування біеластичних текстильних полотен дозволяє частково компенсувати динамічні деформації тіла. Проте, врахування виключно деформаційних властивостей матеріалів без модернізації конструктивної бази не дозволяє повною мірою нівелювати «статико-динамічний конфлікт», особливо у вузлах із жорсткою фіксацією, таких як пройма та пояс.

У публікаціях [10, 13, 14] акцентується увага на проблемі застарілості антропометричних баз даних, що лежать в основі традиційних методик конструювання. Автори [17] наголошують на необхідності врахування специфіки інтенсивного росту дітей при розробці структурного дизайну уніформи. Водночас у дослідженні [11] обґрунтовується критична необхідність переходу до динамічної антропометрії, оскільки статичні виміри, регламентовані чинними стандартами [18, 19, 20], не відображають реальної кінематики рухів школяра під час навчального процесу.

Сучасні цифрові інструменти, описані у [6, 7], відкривають можливості для віртуальної примірки та прогнозування якості посадки на етапі ескізного проектування. Однак точність результатів такого моделювання напряму залежить від точності вхідних даних щодо величин динамічних приростів, які для вікової групи 6–10 років залишаються недостатньо систематизованими.

Узагальнюючи викладене, можна констатувати, що попри значний обсяг досліджень за окремими напрямками, питання комплексного наукового обґрунтування конструктивних параметрів шкільного одягу з урахуванням динамічної морфології дітей молодшого шкільного віку потребує подальшого вирішення. Відсутність в існуючих методиках чіткого алгоритму розрахунку динамічних прибавок зумовлює актуальність та доцільність проведення даного дослідження.

Формування цілей статті. Метою дослідження є наукове обґрунтування ергономічної відповідності шкільного одягу психофізіологічним потребам дітей молодшого шкільного віку (6 – 10 років) шляхом виявлення критичних зон конструктивного дефіциту в системі «дитина – одяг» та розробки адаптивної системи динамічних прибавок.

Виклад основного матеріалу дослідження. Питання якості одягу ґрунтується на комплексі взаємопов'язаних вимог, сукупність яких формує споживчу цінність виробу та визначає рівень його функціональної, ергономічної, естетичної і експлуатаційної придатності.

Для дитячого одягу пріоритетними є саме споживчі вимоги, серед яких важливу роль відіграє ергономічна група. Авторами запропоновано ієрархію цих вимог, де ключовим для шкільної форми визначено блок «Ергономічні», що розгалужується на антропометричні (відповідність розмірам і формі тіла), гігієнічні (забезпечення мікроклімату) та психофізіологічні (зручність користування) показники. Саме ця гілка є науковою основою для подальших конструкторських розробок, спрямованих на збереження здоров'я учнів (схематично наведено на рисунку 1).

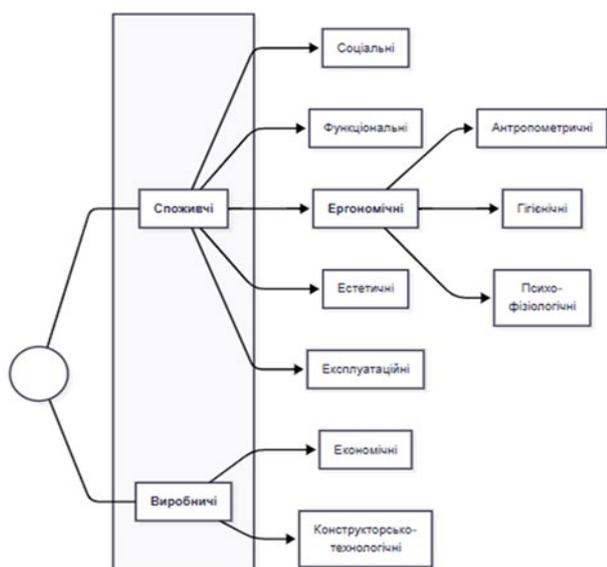


Рис. 1. Класифікація вимог до швейних виробів

Попри важливість цих вимог, чинні в Україні нормативи, зокрема ДСТУ 8836:2019 та ДСТУ EN 13402-3:2019, регламентують переважно статичні ознаки та розмірні інтервали, не враховуючи повною мірою динамічну антропометрію. У зв'язку з цим ігнорування динамічних змін розмірів тіла підвищує втомлюваність м'язів спини на 15-20%. Водночас проведений вище аналіз наукової літератури засвідчує недостатній рівень комплексного підходу до науково обґрунтованого розрахунку динамічних прибавок у конструкціях шкільної форми, що обмежує можливості системного забезпечення ергономічної адаптивності виробів у процесі їх експлуатації.

Основою ергономічного проектування одягу є врахування зміни лінійних вимірів тіла людини в процесі рухової активності, що ґрунтується на положеннях міжнародного стандарту ISO 7250-1.

Аналіз взаємодії в системі «людина – одяг» дав змогу виявити структурно-біомеханічну невідповідність, притаманну традиційним конструктивним рішенням: жорсткість конструктивних поясів не відповідає біомеханічним особливостям опорно-рухового апарату дитини. Така конструктивна жорсткість обмежує природну амплітуду рухів, порушує динамічну рівновагу між тілом і одягом та знижує рівень ергономічного комфорту під час виконання навчальної діяльності.

Взаємодія елементів зазначеної системи реалізується через складну кінематику рухів, що визначає характер деформацій одягу та напружено-деформований стан матеріалів. Розроблену авторами схему цього процесу представлено на рисунку 2.

Для верифікації теоретичних гіпотез щодо невідповідності традиційних конструкцій одягу реальним потребам школярів, було проведено локальне дослідження цільової аудиторії на базі закладів загальної середньої освіти м. Хмельницького. Вибір регіону обумовлений його репрезентативністю для центрально-західного регіону України.

Характеристика вибірки та демографічні показники. Об'єктом спостереження обрано учнів віком 6 -10 років (1– 4 класи). Загальний обсяг вибірки склав 150 осіб (78 хлопчиків та 72 дівчинки).

Методи дослідження включали:

- антропометричні вимірювання у двох контрольних положеннях: статичному («стоячи»); робочому («сидячи за партою» з нахилом корпусу вперед на 10°-15° та згинанням рук під кутом 90°);
- хронометраж активності дітей протягом навчального дня;
- біомеханічний аналіз системи «дитина – одяг» під час типових рухових патернів;
- анкетування батьків щодо споживчих переваг та ергономічних проблем шкільного одягу;
- аналіз результатів профілактичних медичних оглядів учнів.

Вимірювались основні лінійні параметри тіла: зріст, обхват грудей, обхват талії, довжина спини, довжина рукава, ширина плечей та пройми. Дані фіксувались у статичному («стоячи») та робочому («сидячи») положеннях для оцінки динамічних змін розмірів тіла.

Аналіз антропометричних даних показав наявність процесу акселерації: середні показники зросту сучасних першокласників м. Хмельницького перевищують стандарти 1990-х років на 2,5 – 3,5 см, а обхват грудей – на 1,5 – 2,0 см. Водночас спостерігається збільшення варіативності типів тілобудови (поляризація на астенічний тип та тип з надлишковою масою), що ускладнює підбір одягу за стандартною розмірною сіткою.

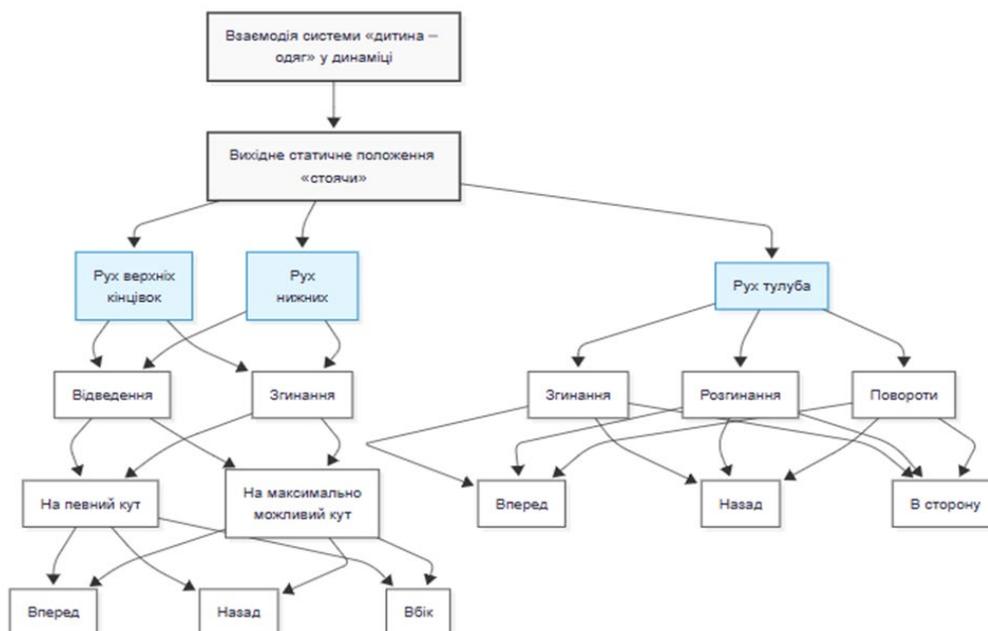


Рис. 2. Структурна схема взаємодії системи «дитина – одяг» у динаміці



Рис. 3. Схема аналізу традиційних конструкцій шкільного одягу в статичності та динаміці (сформовано за допомогою інструментів ШІ)

У ході дослідження було проведено детальний біомеханічний аналіз системи «дитина – одяг» під час виконання типових для навчального процесу рухових патернів (робота за партою, активні рухи руками, зміна пози «стоячи – сидячи»). Хронометраж навчального дня показав, що у стані спокою учень перебуває лише 15% часу, тоді як переважна більшість (85%) припадає на активні та функціональні пози, що вимагає принципово іншого розподілу конструктивних прибавок.

Схема ілюструє перехід від вихідного положення «стоячи» до активних фаз експлуатації. Виділено три групи рухів: верхніх кінцівок, нижніх кінцівок та тулуба. Критичними для конструювання є параметри амплітуди та напрямку, які визначають вектор і величину деформації тканини.

Аналіз результатів профілактичних медичних оглядів школярів початкової школи. Отримані дані засвідчили тенденцію до зростання патологій кістково-м'язової системи. Так, 28% дітей мають

функціональні порушення постави, зокрема сутулість та асиметрію плечей; у 12% – діагностовано сколіоз I-II ступеня; 15% учнів скаржаться на періодичний біль у спині та шийному відділі під час навчального процесу. Кореляційний аналіз показав, що зазначені порушення зумовлені не лише гіподинамією, а також використанням ергономічно невідповідного шкільного одягу, який характеризується тісним кроєм та вузькими проймами. У поєднанні зі статичною позою під час сидіння це призводить до тривалого фіксування тіла у анатомічно неправильному положенні та підвищує ризик розвитку функціональних і структурних змін у опорно-руховому апараті дітей.

Результати анкетування батьків. Для збору інформації використано структуровану анкету, що включала питання закритого типу щодо: задоволеності посадкою стандартної шкільної форми; частоти прояву дискомфорту дітей під час носіння форми; ставлення до можливого впровадження елементів спортивного стилю (еластичні пояси, трикотажні вставки) у класичний дизайн. Анкетування проводилося особисто та онлайн протягом одного місяця. Дані кодувалися та вводилися у статистичну програму для розрахунку частотних показників (%).

Опитування батьків (n=150) підтвердило наявність «споживчого конфлікту»: 74% респондентів незадоволені якістю посадки стандартної шкільної форми; 65% відзначили, що діти прагнуть зняти шкільний піджак одразу після уроків через дискомфорт у зоні пахв та спини; 82% підтримали ідею впровадження елементів спортивного стилю (еластичні пояси, трикотажні вставки) у класичний дизайн. Високий відсоток незадоволених батьків та підтримка ідей адаптації класичного дизайну через елементи спортивного стилю свідчить про необхідність перегляду існуючих конструкцій шкільної форми. Впровадження диференційованих прибавок та еластичних вставок може значно підвищити ергономічність і зменшити дискомфорт у процесі навчальної діяльності, що підтверджується кореляцією з даними антропометричних та біомеханічних досліджень дітей.

Для компенсації динамічних змін розмірів тіла школярів необхідна науково обґрунтована система прибавок, яка враховує анатомо-фізіологічні особливості дитини та експлуатаційні властивості сучасних матеріалів [4]. Така система забезпечує оптимальну свободу рухів у різних положеннях тіла, зменшує напруження тканини та підвищує ергономічний комфорт виробів. Схематичне обґрунтування запропонованої системи прибавок представлено на рисунку 4, де показано диференційоване розподілення прибавок по довжині, обхвату та проймах виробу з урахуванням статичних і динамічних поз дитини.

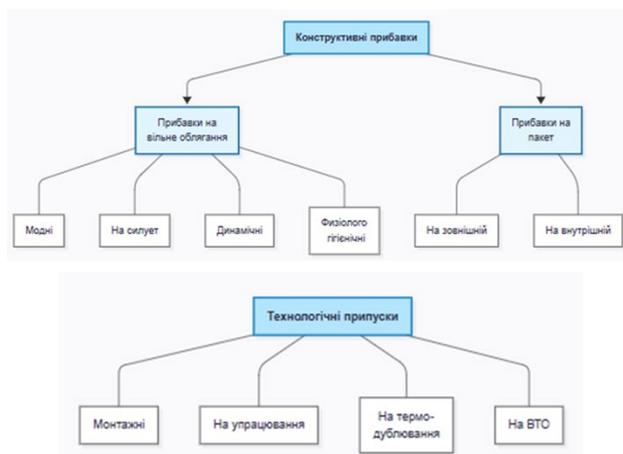


Рис. 4. Класифікація прибавок і припусків при конструюванні одягу

2. Аналіз динамічних деформацій та дефіциту конструкції.

У процесі дослідження біомеханічної системи «дитина – одяг» встановлено невідповідність між кінематикою рухів користувача та статичною архітектонікою базових конструкцій шкільної форми. Визначено локалізацію основних зон напруження (дефіциту лінійних та об'ємних вимірів), детальний аналіз яких представлено в таблиці 1.

Проведений аналіз критичних зон дефіциту конструкції підтверджує наявність суттєвого «статико-динамічного конфлікту» в традиційному шкільному одязі. Однак, окрім конструктивних вад, на ергономіку виробу суттєво впливає і технологічний аспект.

Аналізуючи пакет матеріалів як додатковий фактор, встановлено, що традиційна технологія виготовлення піджаків, яка передбачає суцільне фронтальне дублювання пілочок жорсткими клейовими матеріалами для надання формостійкості, призводить до втрати природної еластичності тканини верху. Це значно погіршує динамічні властивості виробу, перетворюючи його на жорсткий «каркас», що не здатний адаптуватися до рухів дитини.

Таким чином, для підвищення ергономічної якості шкільної форми необхідно комплексно вирішити два завдання: нівелювати виявлений у таблиці 1 ефект «важеля», що виникає через жорстку фіксацію конструктивних поясів, та оптимізувати технологічні процеси для збереження еластичних властивостей матеріалів.

Авторами було запропоновано комплексне адаптивне рішення, спрямоване на усунення виявленої структурно-біомеханічної невідповідності у проектуванні шкільного одягу. Запропонований підхід ґрунтується на синергії трьох компонентів: конструкції, технології та матеріалів, узгоджена взаємодія яких забезпечує адаптацію виробу до динамічних змін положення тіла дитини,

Таблиця 1

Аналіз критичних зон дефіциту конструкції традиційного шкільного одягу в динаміці

Зона дефіциту конструкції та характеристика традиційного підходу	Біомеханіка процесу (зміна пози)	Кількісна оцінка дефіциту (динамічний приріст)	Наслідки для ергономіки та фізіології (негативний вплив)
2.1. Вузол «Спинка – Пройма» (Зона дефіциту поздовжніх розмірів) Традиційна конструкція плечового виробу (піджак, жакет) базується на фіксованій ширині спинки (Шс), розрахованій для статичного положення за формулою: $Шс = 0.18 Сг_{пл} + Пшс$	Перехід учня в робочу позу «сидячи за партою» (письмо, робота з гаджетами) супроводжується комплексним рухом: • нахил грудного відділу хребта вперед (флексія); • зведення плечових суглобів (протракція).	Експериментальні виміри зафіксували динамічний приріст довжини спини вздовж хребта ($\Delta L_{спини}$): • 4-6% відносно статичного стану в середньому; • до 10% для дівчат (зважаючи на особливості постави та гнучкість хребта).	Ефект «блокування» рухів через відсутність запасу матеріалу. • Зміщення одягу вгору. • Підвищення тиску в зоні основи шиї (горловини). • Оголення поперекового відділу (порушення теплового балансу).
2.2. Вузол «Рукав – Пройма» (Зона дефіциту лінійних та куткових розмірів) Базова конструкція класичного швиного рукава характеризується високим окатом та малим кутом нахилу відносно вертикалі (5°-10°), що забезпечує естетику в статичі, але суперечить функціональності.	Основне робоче положення: флексія в лікті під кутом 90° та відведення плеча вперед. Активні рухи (абдукція та елевація – підняття руки) призводять до значного збільшення лінійного виміру зовнішньої поверхні руки.	Аналіз динамічної антропометрії показав дефіцит довжини рукава по зовнішньому контуру: • 10 – 12% при згинанні та витягуванні руки; • до 15% при максимальній амплітуді руху.	Значний динамічний опір руху. • М'язи плеча та передпліччя змушені виконувати "подвійну роботу": рухати саму руку + долати опір тканини піджака (жакета). • Додаткові енерговитрати та швидка втомлюваність м'язів плечового поясу. • Традиційна тканина (вовна, полівіскоза) не розтягується. Оскільки рукав жорстко пришитий до пройми, він не може подовжитися. Тому він тягне за собою наступну ланку ланцюга – боковий шов і пілочку (передню частину)
2.3. Вузол «Талія – Таз» (Зона дефіциту об'ємних розмірів) Поясні виробу традиційної конструкції (брюки, спідниці) мають жорсткий пришивний пояс, часто дубльований нееластичною корсажною стрічкою, що фіксує обхват талії (От) як незмінну константу.	При зміні пози зі «стоячи» на «сидячи» відбувається: • природна деформація та перерозподіл м'яких тканин передньої черевної стінки; • зміна кута нахилу тазу.	Встановлено фізіологічне збільшення периметра талії в положенні «сидячи»: • на 4,5-6,0 см для учнів молодшого шкільного віку.	• Пояс врізається в м'які тканини живота, працюючи як легкий джгут. Це перетискає дрібні судини та капіляри, через що кров гірше циркулює. • Постійне стискання черевної порожнини створює штучний бар'єр для роботи внутрішніх органів. • Порушення мікроциркуляції крові, ризик венозного застою в органах малого тазу. • Організм сприймає цей тиск як сигнал небезпеки або болю.

підвищення ергономічного комфорту та відповідність сучасним вимогам здоров'язбережувального проектування.

Для забезпечення ергономічності особливу увагу приділено блоку «Динамічні прибавки». Вони розраховуються як змінна величина, залежна від активності дитини та властивостей текстилю. У результаті проведених досліджень запропоновано формулу розрахунку загальної прибавки (P_{total}), де ключовим змінним параметром є динамічний виліт ($P_{d.v.}$):

$$P_{total} = P_{min} + P_{d.v.} + P_{mod} \quad (1)$$

або в розгорнутому вигляді:

$$P_{total} = P_{min} + (k_{act} \cdot \Delta L_{dyn}) + P_{mod} \quad (2)$$

де k_{act} – коефіцієнт активності школяра (1,2-1,5); ΔL_{dyn} – величина зміни розмірної ознаки; P_{min} – технічний мінімум (2-3 см); P_{mod} – декоративно-конструктивна прибавка. Такий підхід дозволив обґрунтувати збільшення загальної прибавки по лінії грудей до 6-8 см для шкільних жакетів, забезпечуючи баланс між естетикою та комфортом.

На основі аналізу динаміки розроблено адаптивні вузли для хлопчиків та дівчаток. Рішення для хлопчиків схематично наведено на рисунку 5, (вектори натягу (ΔL) при піднятті руки, що створює до +60% навантаження на плечовий пояс, та при письмі). У центрі – блакитним кольором виділено зони розташування еластичних вставок у проймі та бічних швах. Ці деталі, виготовлені з біластичного трикотажу або матеріалів типу

«спандекс», розкриваються при русі, компенсуючи натяг тканини.

Представлений на рисунку 5 фрагмент ілюструє авторське конструктивне рішення – систему регулювання поясу штанів (із використанням перфорованої еластичної тасьми), що забезпечує адаптацію виробу до антропометричних змін фігури в положенні сидячи. Додатково перевагою розробки є біомеханічно оптимізований плечовий вузол (рукав із попереднім вигином осі на 10° - 15°), що знижує втомлюваність при згинанні руки на 12%.

Рішення для дівчачого асортименту, враховуючи тенденції дизайну [7; 14], розроблено специфічні вузли, що поєднують анатомічну відповідність та естетику схематично наведено на рисунку 6.

На ескізі жакета показано розташування еластичної вставки-ластовиці, що переходить у бічний шов. Така конструкція забезпечує свободу руху руки без підняття всього виробу вгору. Схема справа внизу ілюструє приріст довжини спини (+10%) та рукава (+15%) при нахилі вперед, який повністю компенсується запропонованими елементами.

На ескізі жакета стрілками показано розташування суцільнокроєної або вшивної еластичної вставки-ластовиці, що переходить у бічний шов. Така конструкція забезпечує свободу руху руки без підняття всього виробу вгору, що є критичним для охайного вигляду школярки. На спинці передбачено спеціальні складки для свободи руху лопаток. У конструкцію спідниці впроваджено

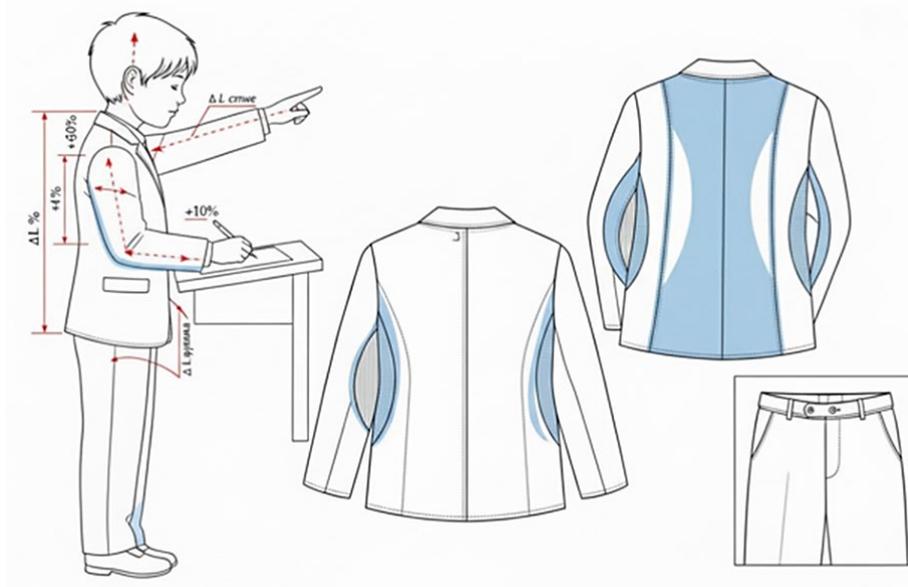


Рис. 5. Схема динамічних змін та ескіз адаптивного костюма для хлопчика



Рис. 6. Технічний ескіз шкільної форми для дівчаток з елементами ергономічної адаптивності

трикотажну вставку в пояс та систему регулювання, що дозволяє змінювати об'єм талії без надмірного тиску на черевну порожнину. Схема справа внизу ілюструє приріст довжини спини ($\Delta L +10\%$) та рукава ($+15\%$) при нахилі вперед, який повністю компенсується запропонованими конструктивними елементами.

Отже, розроблене комплексне рішення трансформує шкільну форму з пасивного бар'єра, що лише обмежує рухи тіла, в активну ергономічну систему, здатну динамічно взаємодіяти з опорно-руховим апаратом дитини, адаптуватися до змін положення тіла та сприяти збереженню фізіологічного комфорту в процесі навчальної діяльності.

Висновки. У результаті проведеного дослідження науково обґрунтовано та практично підтверджено необхідність концептуального переходу від статичного до динамічного проектування шкільного одягу для дітей молодшого шкільного віку (6 – 10 років). Детальний аналіз кінематики рухів школярів дозволив виявити «статико-динамічний конфлікт» у традиційних конструкціях та систематизувати зміни розмірних ознак в активних позах. Встановлено, що стандартні методики конструювання ігнорують значний динамічний

приріст параметрів тіла, який сягає 10 – 15% для лінійних вимірів та 4,5 – 6,0 см – для обхватів.

Вирішенням окресленої проблеми стала розробка структури прибавок, яка включає змінну динамічну складову. Запропонована математична модель розрахунку загальної конструктивної прибавки дозволила науково обґрунтувати її збільшення по лінії грудей до 6 – 8 см, що є необхідною умовою для забезпечення вільної амплітуди рухів.

Практична реалізація теоретичних положень здійснена через впровадження комплексу інноваційних конструктивно-технологічних рішень. До них належать: анатомічний крій рукава з попереднім вигином, використання адаптивних еластичних вставок-ластовиць у вузлах «пройма – рукав» та бічних швах, а також система динамічного регулювання поясних виробів. Сукупність цих елементів забезпечила високий рівень ергономічної адаптивності розроблених моделей.

Перспективи подальших досліджень у цьому напрямі полягають у масштабуванні розробленої методики на інші вікові групи та адаптації запропонованих конструктивних вузлів для розширення асортиментного ряду (сорочки, блузи, жилети). Це дозволить створити комплексну ергономічну капсулу шкільної форми, що відповідає сучасним вимогам комфорту та здоров'язбереження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ніколаєва Т. І., Овчарек В. Є. Ергономічне забезпечення якості швейних виробів для дітей шкільного віку. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія: Технічні науки*. 2018. № 4. С. 56–64. URL: <https://er.knuid.edu.ua/handle/123456789/11050>
2. Сиротенко О. П. Наукові основи проектування шкільного одягу з високими ергономічними властивостями. *Легка промисловість*. 2018. № 1. С. 22–26. URL: <http://light-industry.kiev.ua/uk/archive/>
3. Березненко М. П., Федоткін І. М. та ін. Роль одягу як фактора оздоровчого характеру. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*. 2013. № 3. С. 16–19. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchnu_tekh_2013_3_4
4. Васильєва І. В., Гричанюк О. В., Калун О. Ю., Васильєва О. С. Трансформація як актуальний напрям дизайну шкільного форменого одягу. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Культурологія та мистецтвознавство: точки дотику та перспективи розвитку»* (м. Венеція, 27-28 листопада 2020 р.). Венеція, 2020. С. 118–120.
5. Головня М. В. Використання біластичних матеріалів у конструкціях сучасного шкільного одягу. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія: Технічні науки*. 2020. № 3 (146). С. 88–95. URL: <https://er.knuid.edu.ua/handle/123456789/16342>
6. Лобанова Г., Єрій А., Андрєєва О. Функціональні можливості CAD систем в індустрії моди. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*. 2025. № 2 (349). С. 528–534. URL: <http://journals.khnu.km.ua/vestnik/>
7. Zakharkevich O., Shvets G. Digital technologies in apparel design for children. *Technological Systems*. 2021. № 2. С. 45–52. DOI: <https://doi.org/10.29010/51.2021.02.06>
8. Васильєва О. С. Проектування шкільної форми в контексті трансформативного формотворення. *Art and Design*. 2019. № 2. С. 22–33. URL: <https://jml.knuid.edu.ua/index.php/artdes/article/view/363>
9. Як одягнути дитину до школи: сучасні ідеї шкільної форми 2025. *Sinat* : вебсайт. URL: <https://sinat.com.ua/iak-odiagnuti-ditinu-do-skoli-sucasni-ideyi-skilnoyi-formi-2025/>
10. Pereira P., Miguel R., Cunha J. Children's Functional Clothing: Design Challenges and Opportunities. *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14(11). Art. 4472. DOI: <https://doi.org/10.3390/app14114472>
11. Avadanei M. L. et al. A New Approach to Dynamic Anthropometry for the Ergonomic Design. *Sustainability*. 2022. Vol. 14(13). Art. 7602. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14137602>
12. Hatef M., Jalil N. Body Size, Silhouette Shape and Clothing Key Dimensions. *New Design Ideas*. 2022. Vol. 6(2). P. 229–243. URL: https://jomardpublishing.com/UploadFiles/Files/journals/NDI/V6N2/Jalil_Shanat.pdf
13. Guimarães B., Abreu M. J. Anthropometry for children's clothing. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2017. Vol. 254. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/254/16/162006>

14. Syafei M. Y., Purnomo H. The Application of Anthropometry in the Design of Children's School Uniforms. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. Vol. 1175. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1175/1/012015>.
15. Колос Н. А., Тимейчук О. Ю. Використання новітніх текстильних матеріалів в асортименті шкільного одягу. *Легка промисловість*. 2021. № 2. С. 15–20. URL: <http://light-industry.kiev.ua>
16. Yue Y., You F. Research on the structural design of school uniforms based on children's growth characteristics. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*. 2021. Vol. 14(1). P. 45–54. URL: <https://doi.org/10.3993/jfbim00356>
17. ISO 7250-1:2017. Basic human body measurements for technological design. Part 1: Body measurement definitions and landmarks. Geneva: ISO, 2017. URL: <https://www.iso.org/standard/65246.html>
18. ДСТУ EN 13402-3:2019 (EN 13402-3:2017, IDT). Позначення розмірів одягу. Частина 3. Розміри та інтервали на основі вимірів тіла. Введ. 2020-09-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. URL: <http://shop.uas.org.ua/ua/natsionalni-standarti/dstu-en-13402-32019-en-13402-32017-idt>
19. ДСТУ 8836:2019. Одяг дитячий. Загальні технічні умови. Введ. 2020-01-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 18 с. URL: <http://shop.uas.org.ua/ua/natsionalni-standarti/dstu-88362019>
20. ДСТУ EN 14682:2019 (EN 14682:2014, IDT). Безпечність дитячого одягу. Шнури та стяжки на дитячому одязі. Технічні вимоги. Введ. 2020-09-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. URL: <http://shop.uas.org.ua/ua/natsionalni-standarti/dstu-en-146822019-en-146822014-idt>

REFERENCES

1. Nikolaieva, T. I., & Ovcharek, V. Ye. (2018). Erhonomichne zabezpechennia yakosti shveinykh vyrobiv dlia ditei shkilnoho viku [Ergonomic quality assurance of sewing products for school-age children]. *Visnyk Kyivskoho Natsionalnoho Universytetu Tekhnologii ta Dyzainu. Seriya: Tekhnichni Nauky*, 4, 56–64. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/11050>
2. Syrotenko, O. P. (2018). Naukovi osnovy proiektuvannia shkilnoho odiahu z vysokymy erhonomichnymy vlastyvoistamy [Scientific basis for designing school clothing with high ergonomic properties]. *Lehka Promyslovist*, 1, 22–26. <http://light-industry.kiev.ua/uk/archive/>
3. Bereznenko, M. P., Fedotkin, I. M., et al. (2013). Rol odiahu yak faktora ozdorovchoho kharakteru [The role of clothing as a health-improving factor]. *Visnyk Khmelnytskoho Natsionalnoho Universytetu. Seriya: Tekhnichni Nauky*, 3, 16–19. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchnu_tekh_2013_3_4
4. Vasyliieva, I. V., Hrychaniuk, O. V., Kalun, O. Yu., & Vasyliieva, O. S. (2020). Transformatsiia yak aktualnyi napriam dyzainu shkilnoho formenoho odiahu [Transformation as a current trend in school uniform design]. *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Culturology and Art Criticism: Points of Contact and Development Prospects"* (pp. 118–120). Venice.
5. Holovnia, M. V. (2020). Vykorystannia bielastychnykh materialiv u konstruktsiakh suchasnoho shkilnoho odiahu [Use of bi-elastic materials in the constructions of modern school clothing]. *Visnyk Kyivskoho Natsionalnoho Universytetu Tekhnologii ta Dyzainu. Seriya: Tekhnichni Nauky*, 3(146), 88–95. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/16342>
6. Lobanova, G., Yeri, A., & Andriieva, O. (2025). Funktsionalni mozhlyvosti CAD system v industrii mody [Functional capabilities of CAD systems in the fashion industry]. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 349(2), 528–534. <http://journals.khnu.ua/vestnik/>
7. Zakharkevich, O., & Shvets, G. (2021). Digital technologies in apparel design for children. *Technological Systems*, 2, 45–52. <https://doi.org/10.29010/51.2021.02.06>
8. Vasyliieva, O. S. (2019). Proiektuvannia shkilnoi formy v konteksti transformatyvnoho formotvorennya [Designing school uniforms in the context of transformative shaping]. *Art and Design*, 2, 22–33. <https://jrn.knutd.edu.ua/index.php/artdes/article/view/363>
9. Sinat. (2025). *Yak odiahnuty dytymu do shkoly: suchasni idei shkilnoi formy 2025* [How to dress a child for school: Modern ideas for school uniforms 2025]. <https://sinat.com.ua/iak-odiagnuti-ditynu-do-skoli-suchasni-ideyi-skilnoyi-formi-2025/>
10. Pereira, P., Miguel, R., & Cunha, J. (2024). Children's functional clothing: Design challenges and opportunities. *Applied Sciences*, 14(11), Article 4472. <https://doi.org/10.3390/app14114472>
11. Avadanei, M. L., et al. (2022). A new approach to dynamic anthropometry for the ergonomic design. *Sustainability*, 14(13), Article 7602. <https://doi.org/10.3390/su14137602>
12. Hatef, M., & Jalil, N. (2022). Body size, silhouette shape and clothing key dimensions. *New Design Ideas*, 6(2), 229–243. https://jomardpublishing.com/UploadFiles/Files/journals/NDI/V6N2/Jalil_Shanat.pdf
13. Guimarães, B., & Abreu, M. J. (2017). Anthropometry for children's clothing. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 254. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/254/16/162006>
14. Syafei, M. Y., & Purnomo, H. (2019). The application of anthropometry in the design of children's school uniforms. *Journal of Physics: Conference Series*, 1175. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1175/1/012015>
15. Kolos, N. A., & Tymeichuk, O. Yu. (2021). Vykorystannia novitnikh tekstylnykh materialiv v asortymenti shkilnoho odiahu [Use of the newest textile materials in the assortment of school clothing]. *Lehka Promyslovist*, 2, 15–20. <http://light-industry.kiev.ua>
16. Yue, Y., & You, F. (2021). Research on the structural design of school uniforms based on children's growth characteristics. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 14(1), 45–54. <https://doi.org/10.3993/jfbim00356>
17. International Organization for Standardization. (2017). *Basic human body measurements for technological design. Part 1: Body measurement definitions and landmarks* (ISO Standard No. 7250-1:2017). <https://www.iso.org/standard/65246.html>

18. SE "UkrNDNC". (2019). *Poznachennia rozmiriv odiahu. Chastyna 3. Rozmiry ta intervaly na osnovi vymiriv tila* [Size designation of clothes. Part 3. Dimensions and intervals based on body measurements] (DSTU EN 13402-3:2019). Kyiv. <http://shop.uas.org.ua/ua/natsionalni-standarti/dstu-en-13402-32019-en-13402-32017-idt>
19. SE "UkrNDNC". (2019). *Odyah dytyachyy. Zahalni tekhnichni umovy* [Children's clothing. General specifications] (DSTU 8836:2019). Kyiv. <http://shop.uas.org.ua/ua/natsionalni-standarti/dstu-88362019>
20. SE "UkrNDNC". (2019). *Bezpechnist dytiachoho odiahu. Shnury ta stiazhky na dytiachomu odiazi. Tekhnichni vymohy* [Safety of children's clothing. Cords and drawstrings on children's clothing. Specifications] (DSTU EN 14682:2019). Kyiv. <http://shop.uas.org.ua/ua/natsionalni-standarti/dstu-en-146822019-en-146822014-idt>

A. Seleznova, PhD, Associate Professor; **O. Andrieieva**, Assistant; **S. Heivashchuk**, Assistant (Khmelnitskyi National University). **Development of design and technological parameters of school clothing with signs of ergonomic adaptability**

Abstract. *The paper addresses a relevant scientific and applied problem regarding the improvement of the ergonomic quality of school clothing for primary school children (6–10 years old). The relevance of the topic is driven by the necessity of creating a comfortable and safe educational environment, where clothing acts as an active adaptive system that does not restrict the child's movements and contributes to the correct formation of their musculoskeletal system.*

It has been proven that existing design methodologies, based on static anthropometry, do not fully account for the movement kinematics of the modern schoolchild. This leads to a "static-dynamic conflict," which negatively affects the well-being of the child, who spends approximately 85% of study time in a forced "sitting" posture or in dynamics, causing restricted mobility and circulatory disorders.

Based on a system analysis of the "human–clothing" biomechanical system, the values of dynamic increments in dimensional features critical for form shaping were experimentally established. It was determined that upon transitioning from a "standing" position to a working "writing" posture, the back length along the spine increases by 4–6% (up to 10% for girls); linear measurements of the outer arm surface during flexion increase by 10–12% (up to a maximum of 15%), and waist circumference in the sitting position increases by 4.5–6.0 cm. These data underscore the unsuitability of standard design allowances calculated primarily for a static posture.

The necessity of transitioning from fixed allowances to parametric standardization is scientifically substantiated. A mathematical model for calculating the total design allowance is proposed, which includes a variable functional component for dynamic extension. This allowed neutralizing the "leverage effect," where clothing resists movement, and justifying an increase in the chest line allowance to 6–8 cm.

A complex of innovative design and technological solutions for boys and girls has been developed: introduction of an anatomical sleeve cut with a preliminary axis bend of 10–15 degrees; use of adaptive elastic gusset inserts in the armholes and side seams; and development of a dynamic waistband construction using perforated elastic tape, ensuring automatic volume adjustment.

The manufacturing technology has been improved through the application of selective fusing, allowing preservation of up to 90% of the fabric's natural elasticity in zones of greatest tension. Experimental validation results confirmed the effectiveness of the developments: a 12.4% reduction in the dynamic resistance force of the clothing, a 60% increase in movement comfort, and a 12.5% increase in product wear resistance indicators. The calculated coefficient of dynamic conformity of the shoulder girdle construction increased from 0.72 to 0.91, indicating the creation of an adaptive ergonomic system. The integral quality index increased by 35–53%, testifying to the creation of a new generation ergonomic product.

Key words: *school uniform, primary school age, ergonomic adaptability, dynamic anthropometry, design allowances, modeling methods, comfort, biomechanics of movements.*

Дата першого надходження статті до видання: 06.11.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 03.12.2025

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.12.2025