

КОНЦЕПТУАЛНА РАМКА ЗА AI-АСИСТИРАНО ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧНО ПОДПОМАГАНЕ В ШЕВНОТО ПРОИЗВОДСТВО КАТО ЧАСТ ОТ ПРОЕКТА SMART-SEW

Фатме Ифраим Юмер

Енергомашиностроителен факултет, Катедра ТХТ,
Технически университет – София, България

Резюме

Бързото развитие на изкуствения интелект създава нови възможности за усъвършенстване на инженерно-технологичната подготовка в шевното производство. Докато съвременните изследвания са съсредоточени предимно върху автоматизацията, компютърното зрение и контрола на качеството, приложението на генеративни и асистирани AI инструменти в подготовката на шевното производство остава сравнително слабо проучено.

Настоящата статия разглежда потенциала на AI като подпомагащ инструмент в дейността на инженер-технолога и предлага концептуална рамка за неговото приложение в инженерно-технологичната подготовка. Анализът е основан на критичен преглед на актуалната научна литература, свързана с Industry 4.0, Industry 5.0, изкуствения интелект и цифровата трансформация на текстилната индустрия, както и на инженерно-технологичен анализ на основните дейности при подготовката на шевното производство.

В резултат е предложена авторска концептуална рамка, при която изкуственият интелект подпомага обработването на техническа информация, структуриране на документация и формулиране на инженерни решения, като водещата роля и крайната отговорност остават при инженер-технолога. Рамката е съобразена с човеко-ориентираните принципи на Industry 5.0 и може да служи като основа за бъдещи експериментални изследвания и практическо внедряване в предприятията от шевната индустрия.

Ключови думи: изкуствен интелект, инженерно-технологична подготовка, шевно производство, Industry 5.0, цифровизация, инженер-технолог, текстилна индустрия, SMART-SEW.

CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR AI-ASSISTED ENGINEERING AND TECHNOLOGICAL SUPPORT IN GARMENT MANUFACTURING AS PART OF THE SMART-SEW PROJECT

Fatme Ifraim Yumer

Technical University of Sofia, Faculty of Power Engineering and Power Machines,
Department of Heating and Refrigeration Engineering, Sofia, Bulgaria
fkosssin@abv.bg

Abstract:

The rapid development of artificial intelligence creates new opportunities for improving engineering and technological preparation in garment manufacturing. While contemporary research is mainly focused on automation, computer vision, and quality control, the application of generative and assistive AI tools in garment production preparation remains relatively underexplored.

This paper examines the potential of AI as a support tool in the work of the production engineer and proposes a conceptual framework for its application in engineering and technological preparation. The analysis is based on a critical review of the current scientific literature related to Industry 4.0, Industry 5.0, artificial intelligence, and the digital transformation of the textile industry, as well as on an engineering and technological analysis of the main activities involved in garment production preparation.

As a result, an original conceptual framework is proposed in which artificial intelligence supports the processing of technical information, the structuring of documentation, and the formulation of engineering decisions, while the leading role and final responsibility remain with the production engineer. The framework is aligned with the human-centric principles of Industry 5.0 and may serve as a basis for future experimental research and practical implementation in garment manufacturing enterprises.

Keywords: artificial intelligence, engineering and technological preparation, garment manufacturing, Industry 5.0, digitalization, production engineer, textile industry, SMART-SEW.

1. Въведение

През последните десетилетия шевната индустрия се развива в условията на ускорена цифрова трансформация, в която автоматизацията, интелигентните системи и изкуственият интелект се превръщат във все по-важни фактори за производителност, качество и гъвкавост. Съвременните прегледни изследвания показват, че приложенията на AI в текстилното и шевното производство са концентрирани основно в контрола на качеството, разпознаването на дефекти, планирането и оптимизацията на производствени процеси, докато инженерно-технологичната подготовка остава сравнително слабо изследвана област [1-3].

В същото време концепцията Industry 5.0 поставя човека в центъра на цифровата трансформация и разглежда интелигентните технологии като средство за разширяване на човешките възможности, а не като заместител на експертната преценка. Това е особено важно за шевното производство, където изборът на технологични режими, оценката на материалите и адаптирането към конкретното изделие продължават да изискват високо ниво на инженерна компетентност [4,5].

Инженерно-технологичната подготовка в шевното производство представлява един от най-важните етапи в създаването на стабилен, ефективен и качествен производствен процес. Тя обхваща анализа на изделието, оценката на материалите, подбора на технологична последователност, определянето на параметрите на обработване и подготовката на необходимата документация. При производство на малки серии и честа смяна на моделите този етап се превръща в силно информационно-интензивна дейност, която изисква бърза обработка на данни, професионална преценка и натрупан практически опит [6-8].

Ускореното навлизане на изкуствения интелект в индустрията създава нови възможности за подпомагане именно на тази подготовка. Докато съвременните изследвания в областта на текстила и облеклото са насочени предимно към автоматизиран контрол, прогнозиране на свойства и машинно зрение, по-слабо разработен остава въпросът за използването на AI като интелигентен помощник при инженерно-технологичната подготовка и структуриране

на технологична информация. Това поражда необходимост от концептуален модел, който да опише ролята на AI не като автономен заместител, а като подпомагащ инструмент в работата на инженер-технолога [4,5,9].

Настоящото изследване се вписва в тази научна и приложна рамка и е част от проекта SMART-SEW, насочен към проучване на влиянието на индустриални шевни машини с вграден изкуствен интелект върху качеството и стабилността на шевния процес. В този контекст задачата на статията е да предложи теоретична и методична основа за AI-асистирано инженерно-технологично подпомагане в шевното производство, като се акцентира върху човеко-центрирания подход, характерен за Industry 5.0.

Литературният анализ показва, че изкуственият интелект вече има доказан потенциал в различни сегменти на текстилната индустрия, включително откриване на дефекти, анализ на материали и оптимизация на производствени процеси. Въпреки това липсват достатъчно обобщени модели, които да свържат AI инструментите с инженерно-технологичната подготовка като самостоятелен и критично важен етап от шевното производство. Именно тази празнина определя актуалността и новостта на настоящия текст.

2. Литературен обзор

През последните години цифровата трансформация на текстилната и шевната индустрия се ускорява под въздействието на автоматизацията, киберфизичните системи и интелигентните производствени решения. Концепцията Industry 4.0 наложи широко използване на свързаност, данни и алгоритмична оптимизация, а Industry 5.0 допълни този подход с ясно изразен ориентиран към човека акцент, при който технологиите подпомагат, но не изместват експертната роля на специалиста. В този контекст изкуственият интелект вече не се разглежда единствено като средство за автоматизация, а и като инструмент за интелигентно подпомагане на анализ, планиране и вземане на инженерни решения [1-3].

Съществуващите научни публикации показват, че приложенията на изкуствения интелект в текстилния сектор са съсредоточени главно върху разпознаване на дефекти, прогнозиране на свойства на материалите, оптимизация на

производствени параметри и автоматизиран контрол на качеството. Прегледните изследвания в областта на шевното производство също подчертават, че AI-технологиите се използват най-често в планирането, управлението на процеси и инспекцията на готовата продукция, докато етапите на инженерно-технологична подготовка остават по-слабо обхванати. Това показва, че научният интерес е насочен предимно към производственото изпълнение, а не към предварителната техническа организация на процеса [3].

Особено значим е потенциалът на AI за анализ на текстилни материали и техните технологични характеристики. Съвременни прегледни разработки показват, че алгоритмите могат да подпомагат оценката на тъкани и трикотажни структури, включително чрез прогнозиране на поведение, свързано с комфорт, устойчивост и производствени характеристики. За шевното производство това е важно, тъй като стабилността на шева и качеството на съединението зависят пряко от свойствата на материала, неговата деформация и реакцията му към технологично натоварване [2,3].

Въпреки постигнатия напредък, литературният анализ показва ясно изразена празнина в изследванията, свързани с използването на AI като подпомагащ инструмент в инженерно-технологичната подготовка на шевното производство. Липсват достатъчно систематизирани модели, които да описват как интелигентните системи могат да подпомагат анализа на технически задания, разработването на технологична документация и структурираното вземане на решения от страна на инженер-технолога. Именно тази празнина обуславя необходимостта от нова концептуална рамка, която да интегрира AI в подготвителните етапи на производството, без да се нарушава водещата роля на специалиста.

От гледна точка на съвременната индустриална практика, най-перспективен се очертава подходът, при който изкуственият интелект се използва като асистираща система, а не като автономен заместител на човешката експертиза. Това е особено актуално за шевната индустрия, където инженерно-технологичната подготовка изисква съчетаване на технологични знания, материалознание, производствен опит и оценка на конкретни условия. Следователно

литературата подкрепя необходимостта от модел, който да интегрира AI в тази дейност по начин, съвместим с принципите на Industry 5.0 и с реалните нужди на шевното производство.

3. Анализ на инженерно-технологичната подготовка и концептуален модел за AI-асистирано подпомагане

3.1. Инженерно-технологичната подготовка като информационно-интензивен процес

Инженерно-технологичната подготовка представлява ключов етап от жизнения цикъл на шевното изделие, който осигурява връзката между конструкторската разработка и серийното производство. Нейната основна цел е да се гарантира технологичната проходимост на изделието, оптималното използване на наличните производствени ресурси и постигането на стабилно качество при рационални разходи. В условията на съвременно производство този етап се характеризира с висока информационна натовареност, тъй като изисква едновременно обработване на технологична, материална и организационна информация [12].

В практиката инженерно-технологичната подготовка обхваща комплекс от взаимосвързани дейности, включително анализ на конструкцията на изделието, оценка на свойствата на използваните материали, избор на технологична последователност, определяне на работни параметри, подбор на оборудване и разработване на технологична документация. При честа смяна на моделите, кратки серии и високи изисквания към качеството тази дейност се превръща в непрекъснат процес на интерпретация и систематизиране на данни. Поради това тя може да бъде определена не само като технологична, но и като силно информационно-интензивна инженерна функция [5,6].

Именно този характер на процеса създава подходяща основа за използване на генеративен изкуствен интелект като подпомагащ инструмент [9-11]. AI системите могат да ускорят обработването на информация, да структурират данни и да подпомогнат подготовката на първоначални решения, без да отменят експертната преценка на инженер-технолога. По този начин се открива възможност за по-ефективна организация на подготовката при запазване на професионалния контрол върху

крайния резултат [6-8].

3.2. Анализ на дейностите при инженерно-технологичната подготовка

Функционалният анализ на инженерно-технологичната подготовка показва, че отделните дейности имат различна степен на пригодност за AI-асистирано подпомагане. Най-висок потенциал се наблюдава при задачи, свързани с обработване на големи масиви информация, структуриране на технически данни и разработване на първоначални варианти на документи. Такива дейности са подходящи за подпомагане чрез генеративен AI, защото се основават на логическа организация, текстова обработка и систематизиране на инженерни изисквания.

По-ограничено е приложението на AI при задачи, които изискват оценка на производствени рискове, избор на окончателни технологични

параметри и утвърждаване на технологични решения. В тези случаи водеща остава ролята на инженерно-технологичния опит, познаването на конкретната производствена среда и преценката за реалните последици от избора. Следователно генеративният AI може да подпомага анализа, но не и да замества експертното решение.

Получените изводи показват, че най-ефективният модел е сътрудничеството между човека и интелигентната система, а не пълната автоматизация на инженерната подготовка. Това е особено важно за шевното производство, където техническите решения често зависят от специфичните свойства на материала, особеностите на изделието и изискванията на конкретната серия. Така AI се очертава като инструмент за разширяване на инженерната способност, а не като самостоятелен вземащ решения субект.



Фигура 1. Класификация на инженерно-технологичните дейности според потенциала за AI-асистирано подпомагане

3.3. Класификация на инженерно-технологичните дейности според потенциала за AI-подпомагане

Въз основа на извършения анализ инженерно-технологичните дейности могат да бъдат групирани в три основни категории според възможността им за AI-асистирано подпомагане. Първата група включва дейности с висок потенциал за подпомагане, при които преобладава текстова, структурна или аналитична обработка на информация. Към тях се отнасят подготовката на първоначални технологични документи, анализът на технически спецификации, систематизирането на изисквания и разработването на работни инструкции.

Втората група обхваща дейности със среден потенциал за подпомагане, при които AI може да предложи варианти, но окончателното решение

следва да бъде взето след експертна оценка. Това са задачи като избор на технологична последователност, сравняване на алтернативни производствени решения и предварителна преценка на технологични варианти. При тях изкуственият интелект играе ролята на консултативен и аналитичен помощник.

Третата група включва дейности, които трябва да останат изцяло под контрола на инженер-технолога. Такива са определянето на окончателни технологични параметри, оценката на производствения риск, внедряването на технологични решения и поемането на професионална отговорност за резултата. Предложената класификация ясно показва, че приложението на AI трябва да бъде селективно, а не универсално, и да се основава на характера на самата инженерна задача.

Таблица 1. Класификация на инженерно-технологичните дейности според потенциала за AI-асистирано подпомагане

Таблица 1. Класификация на инженерно-технологичните дейности според потенциала за AI-подпомагане			
Категория на дейностите	Примери	Потенциал за AI-подпомагане	Характеристика
Информационно-аналитични дейности	- Систематизиране на данни - Сравнение на варианти - Търсене на техническа информация	 (висок)	Рутинни, структурирани, подходящи за GenAI
Планиране и оптимизация	- Планиране на материали - Оценка на време и ресурси - Оптимизация на параметри	 (среден)	Изискват анализ и експертна преценка
Критични инженерни решения	- Творчески дизайн решения - Сложни технологични случаи - Финална отговорност	 (нисък)	Необходима е експертна оценка от инженер-технолог
 Забележка: Класификацията е ориентировочна и може да варира в зависимост от спецификата на предприятието и използваните технологии.			

4. Приложение на генеративния изкуствен интелект при инженерно-технологичната подготовка на шевното производство

4.1. Генеративният изкуствен интелект като интелигентен инженерен асистент

Развитието на генеративния изкуствен интелект открива нов етап в цифровизацията на инженерните дейности. За разлика от традиционните системи, базирани на предварително зададени правила и фиксирани алгоритми, генеративните модели могат да създават ново съдържание, да обобщават техническа информация и да подпомагат процеса на инженерно мислене. Това ги прави особено подходящи за задачи, при които се изисква бърза обработка на информация и създаване на структурирани варианти за работа [9,10].

В контекста на шевното производство генеративният AI не следва да се възприема като средство за автоматично вземане на технологични решения, а като интелигентен асистент, който подпомага инженер-технолога в подготовката на документация, анализа на данни и формулирането на алтернативи. Този подход е в съзвучие с принципите на Industry 5.0, при които технологиите трябва да подкрепят човешката експертиза, а не да я подменят. По този начин се създава баланс между цифрова ефективност и професионална отговорност [3,10].

За предприятията от шевната индустрия това означава възможност за съкращаване на времето за подготовка, по-добра организация на информацията и по-висока последователност в разработването на технологична документация. Същевременно се запазва необходимият експертен контрол върху окончателните технологични решения. Така AI се превръща в инструмент за усилване на инженерния капацитет, а не в автономен заместител на специалиста.

4.2. Потенциални области на приложение

Анализът на инженерно-технологичната подготовка показва, че генеративният AI може да бъде интегриран в няколко ключови направления. На първо място, той може да подпомага анализа на технически задания и клиентски спецификации чрез извличане и структуриране на съществената

информация. Това намалява риска от пропускане на важни изисквания и улеснява последващата подготовка на технологичната документация.

Втората област включва разработването на първоначални варианти на технологични инструкции, маршрутни карти и работни описания. Генеративният AI може да предложи структурирани текстове и логически подредени варианти, които впоследствие се преглеждат, редактират и утвърждават от инженер-технолога. Така се ускорява подготвителният процес, без да се компрометира професионалната достоверност на документацията.

Третото направление е подпомагането при сравняване на алтернативни технологични решения. Чрез обработване на големи обеми данни системата може да представя различни варианти за действие, като изборът остава в компетентността на инженера. Особено перспективно е използването на генеративен AI и при обучението на новоназначени специалисти, тъй като той може да подпомага създаването на инструкции, примери и обобщения на добри практики.

4.3. Ограничения и предизвикателства

Въпреки значителния потенциал на генеративния изкуствен интелект, неговото приложение в инженерно-технологичната подготовка е свързано и с редица ограничения [10,11]. Едно от основните предизвикателства е възможността системата да генерира неточна, непълна или информация без необходимия контекст за вземане на обосновани решения [11]. Поради тази причина всяко AI-генерирано предложение трябва да бъде подложено на задължителна експертна проверка преди практическо използване.

Друго съществено ограничение е липсата на специфичен производствен контекст. Генеративните модели не разполагат със знание за конкретното оборудване, организационната структура, натрупания опит и локалните технологични ограничения на предприятието. Именно затова тяхната роля трябва да остане подпомагача, а не определяща. В шевното производство, където множество решения зависят от фините особености на изделието и материала, това ограничение е особено важно.

Таблица 2. Потенциал за приложение на генеративен AI в различни области на инженерната подготовка

Таблица 2. Потенциал за приложение на генеративен AI в различни области на инженерната подготовка		
Област на приложение	Примери за дейности	Потенциал за GenAI
 Технологична документация	Разработване на маршрутни карти, работни инструкции, спецификации	★★★★☆
 Техническа информация	Търсене, обобщаване, структуриране на технически данни	★★★★☆
 Материали и оборудване	Сравнение на материали, препоръки за оборудване	★★★☆☆
 Качествен контрол	Анализ на дефекти, препоръки за коригиращи действия	★★★☆☆
 Обучение и база знания	Създаване на учебни материали, FAQ, база знания	★★★★☆
 Забележка: Потенциалът е оценен по петстепенна скала: ★★★★☆ (висок) ★★★☆☆ (среден) ★★☆☆☆ (нисък)		

Следва да се отчетат и въпросите, свързани с конфиденциалността на данните, защитата на фирмената информация [13] и спазването на действащите нормативни изисквания при използване на AI системи. Тези фактори не намаляват значението на технологията, а по-скоро очертават рамката за нейното отговорно и безопасно приложение. Следователно успешното внедряване на генеративен AI изисква ясни правила, методически контрол и висока инженерна дисциплина.

4.4. Авторска концепция за взаимодействие между инженер-технолога и генеративния AI

Въз основа на извършения анализ се предлага модел на взаимодействие, при който генеративният изкуствен интелект изпълнява ролята на интелигентен помощник, а инженер-технологът запазва водещата роля при анализа, оценката и окончателното вземане на решения.

Този модел се основава на принципа „AI подпомага — инженерът решава“, който ясно разграничава консултативната функция на системата от експертната отговорност на специалиста. Така се избягва рискът от неконтролирана автоматизация на критични технологични решения.

В рамките на предложената концепция AI поема задачите, свързани с обработване на информация, структуриране на данни, формулиране на варианти и подготовка на документация. Инженерът от своя страна оценява приложимостта на генерираните предложения, адаптира ги към реалните условия на производството и утвърждава крайните параметри. Този модел съчетава бързината на цифровите технологии с качеството на експертната преценка.

Предложената концептуална рамка е съвместима с човеко-ориентираната философия на In-

dustry 5.0 и създава предпоставки за ефективна интеграция на AI в инженерно-технологичната подготовка на шевното производство. Освен това тя може да служи като основа за по-нататъшни

експериментални изследвания и за разработване на практически насоки за внедряване в предприятията от отрасъла.



Фигура 2. Модел „AI подпомага - инженерът решава“

5. Концептуална рамка за AI-асистирано подпомагане на инженерно-технологичната подготовка в шевното производство

5.1. Принципи при разработването на концептуалната рамка

Разработването на концептуалната рамка се основава на разбирането, че генеративният изкуствен интелект трябва да подпомага, а не да замества инженерно-техническите специалисти.

В съответствие с принципите на Industry 5.0 [1] интелигентните системи следва да бъдат използвани като средство за повишаване на ефективността на човешкия труд при запазване на водещата роля на инженера в анализа, оценката и окончателното решение. Този принцип е особено важен в шевното производство, където технологичната подготовка е тясно свързана с материалните особености на изделия и производствения контекст.

Таблица 3. Разпределение на функциите между генеративен AI и инженер-технолога

Таблица 3. Разпределение на функциите между генеративния AI и инженер-технолога		
Етап от процеса	Генеративен AI	Инженер-технолог
 Формулиране на задачата	✗	✓ (основна роля)
 Подготовка на входни данни	✓ (подпомага)	✓ (основна роля)
 Генериране на предложения	✓ (основна роля)	✓ (контролира и насочва)
 Експертна оценка и адаптация	✓ (предоставя анализ)	✓ (основна роля)
 Окончателно решение	✗	✓ (единствено)
 Внедряване в производството	✗	✓ (единствено)
 Обратна връзка и подобрение	✓ (анализира данни)	✓ (интерпретира и решава)
 Забележка: AI подпомага с анализ и предложения, но инженерът-технолог остава отговорен за вземането на решения и тяхното прилагане.		

Предложената рамка е разработена въз основа на анализа на инженерно-технологичните дейности, критичния преглед на научната литература и възможностите на съвременните генеративни езикови модели. Основната ѝ цел е да структурира взаимодействието между инженера и AI системата по начин, който осигурява надеждност, проследимост и високо качество на технологичната подготовка. Вместо автоматизиране на човека, моделът цели интелигентно разширяване на неговите възможности.

За разлика от подходи, насочени основно към автоматизация на производството, тук акцентът пада върху подпомагането на инженерното мислене и оптимизирането на информационните

процеси. По този начин концептуалната рамка е ориентирана към практическа приложимост, но едновременно с това съхранява експертния характер на технологичните решения.

5.2. Структура на концептуалната рамка



Фигура 3. Концептуална рамка за AI – асистирано подпомагане на инженерно-технологичната подготовка

Предложеният модел включва пет последователни етапа, които обхващат целия процес на инженерно-технологичната подготовка.

Етап 1. Формулиране на инженерната задача

Процесът започва с ясно определяне на конкретната инженерна задача. На този етап инженер-технологът анализира конструкцията на изделието, изискванията на клиента, характеристиките на материала и производствените ограничения. Качеството на тази начална формулировка определя надеждността на всички последващи AI-генерирани предложения.

Етап 2. Подготовка на входните данни

След дефиниране на задачата инженерът подготвя необходимите входни данни, които могат да включват конструктивна документация, технически спецификации, характеристики на материалите, технологични ограничения,

фирмени стандарти и нормативни изисквания. На този етап генеративният AI не взема решения, а работи със структурирана информация за последваща обработка.

Етап 3. AI-асистирано генериране на предложения

След обработване на входните данни системата подпомага инженера чрез систематизиране на информацията, изготвяне на първоначални варианти на документация, генериране на работни инструкции и формулиране на алтернативни решения. Всички предложения имат консултативен характер и не представляват окончателни инженерни решения.

Етап 4. Експертна оценка и адаптация

Това е ключовият етап в рамката. Инженер-технологът извършва критичен анализ на генерираните варианти, оценява тяхната приложимост спрямо конкретното производство

и при необходимост ги адаптира. Така професионалната отговорност остава изцяло в ръцете на специалиста.

Етап 5. Внедряване и обратна връзка

След окончателното одобрение технологичната документация се внедрява в производството, а практическите резултати и възникналите трудности се използват като обратна връзка. Това позволява натрупване на опит и последващо усъвършенстване на инженерно-технологичната подготовка.

6. Практическо приложение на предложената концептуална рамка

6.1. Възможности за внедряване в предприятията от шевната индустрия

Предложената концептуална рамка има потенциал за прилагане в реални производствени условия, тъй като инженерно-технологичната подготовка в предприятията от шевната индустрия по своята същност следва сравнително сходна логика, независимо от мащаба на производството и вида на изделието. Генеративният изкуствен интелект може да бъде интегриран като допълващ инструмент в работата на инженер-технолога, без да се налага съществена промяна в организационната структура на предприятието. По този начин се създават предпоставки за поетапно и управляемо внедряване на интелигентни технологии, съвместими със съществуващите производствени практики. Особено подходящо е приложението на рамката в предприятия, които работят с малки и средни серии, с честа смяна на модели и с разнообразни текстилни материали. В такива условия инженерно-технологичната подготовка изисква значителен обем аналитична дейност, бърза обработка на данни и последователно структуриране на информацията, което прави AI-подпомагането практически оправдано. Генеративният AI може да намали времето за първоначална подготовка, да подпомогне систематизирането на техническите данни и да улесни стандартизирането на документацията.

Практическото внедряване на подобен модел не означава замяна на инженерната експертиза, а нейно разширяване и подпомагане. Това е особено важно в производствена среда, където технологичните решения трябва да се адаптират

към реални условия, конкретни материали и променливи организационни изисквания. Следователно рамката може да се разглежда като реалистичен инструмент за цифрова трансформация в шевното производство, приложим поетапно и с ясно определени граници на използване.

6.2. Примерен инженерен сценарий

За да се илюстрира практическата приложимост на предложената рамка, може да се разгледа типичен сценарий от шевното производство, свързан с подготовката на нов модел дамска блуза от трикотажен материал. Инженер-технологът разполага с конструктивна документация, основни изисквания на клиента и информация за използвания материал, но трябва в кратък срок да разработи технологична последователност, маршрутна карта и работни инструкции. В традиционния режим тази задача изисква самостоятелно анализиране на входните данни, избор на технологични параметри и проверка на съответствието между изделието и производствените възможности.

При AI-асистирания подход инженерът първо формулира задачата и предоставя на системата структурирана информация за изделието, материала и ограниченията на производството. Генеративният AI може да предложи първоначален вариант на технологична последователност, да систематизира техническите изисквания и да подготви проект на документация, който подлежи на експертна редакция. След това инженер-технологът оценява предложените варианти, адаптира ги към конкретното производство и утвърждава окончателното технологично решение.

Такъв сценарий показва, че изкуственият интелект може да съкрати времето за подготовка, да намали риска от пропуски и да повиши последователността на документацията. В същото време крайното решение остава в ръцете на инженера, което е съществено условие за надеждност и професионална отговорност. Поради това рамката е особено подходяща за обучение, пилотно внедряване и последващо разширяване в предприятията.



Фигура 4. Примерен инженерен сценарий при AI-асистирана подготовка

Таблица 4. Сравнение между традиционния и AI-асистирания подход при инженерно-технологичната подготовка

Таблица 4. Сравнение между традиционния и AI-асистирания подход при инженерно-технологичната подготовка		
Критерий	Традиционен подход	AI-асистиран подход
Анализ на техническата информация	Изцяло ръчен	Подпомаган от GenAI
Разработване на документация	Изцяло ръчна	Генериране на вариант + експертна редакция
Скорост на обработване	Зависи от опита на инженера	По-висока чрез автоматизирано структуриране
Последователност на документацията	Възможни различия	По-висока степен на стандартизация
Крайно инженерно решение	Инженер-технолог	Инженер-технолог
Професионална отговорност	Инженер-технолог	Инженер-технолог
Обратна връзка и подобрения	Ръчен анализ	AI анализ + експертна интерпретация
Забележка: AI-асистираният подход не заменя инженера-технолог, а засилва неговата ефективност чрез автоматизация, структуриране и интелигентна подкрепа.		

6.3. Очаквани ползи от внедряването

Прилагането на предложената концептуална рамка може да доведе до няколко съществени ползи за шевните предприятия. На първо място се очаква съкращаване на времето за инженерно-технологична подготовка чрез по-бързо обработване и структуриране на информацията. Това е особено важно при производство с висока динамика, където времето между поръчката и старта на производството е ограничено.

На второ място се очаква подобряване на последователността и унификацията на технологичната документация. Използването на генеративен AI позволява създаване на първоначални текстове и работни варианти, които могат да бъдат стандартизирани и адаптирани към вътрешните изисквания на предприятието. Така се намалява вероятността от пропуски, непълнота и различия между отделните технологични документи.

На трето място, AI-подпомагането може да има положителен ефект върху обучението и адаптацията на новоназначени специалисти. Чрез систематизирани инструкции, примери и обобщени технологични насоки се улеснява въвеждането в работа и се съкращава периодът на натрупване на практически опит. Освен това подобна система може да намали административната натовареност на инженерите и да им позволи да насочат повече усилия към аналитичните и иновативните аспекти на дейността си.

Следва да се подчертае, че тези ползи имат характер на очаквани ефекти, основани на анализа на технологичния процес и възможностите на интелигентните системи. За тяхното количествено доказване са необходими бъдещи експериментални изследвания в реална производствена среда. Въпреки това още на концептуално ниво рамката показва добра приложимост и съответствие с актуалните

тенденции в индустриалната дигитализация.

6.4. Ограничения на настоящото изследване

Настоящото изследване има предимно концептуален характер и не включва експериментално внедряване на рамката в реално предприятие от шевната индустрия. Поради това представените ползи трябва да се разглеждат като научно обосновани очаквания, които подлежат на последваща проверка и валидиране. Това не намалява стойността на предложението, а очертава ясна перспектива за бъдещо развитие.

Допълнително ограничение представлява бързото развитие на самите AI технологии. Генеративните модели се усъвършенстват динамично и това означава, че предложената рамка трябва да се актуализира периодично в съответствие с новите функционалности, изисквания и индустриални практики. С други думи, моделът е гъвкав по природа, но изисква активна професионална поддръжка.

Независимо от тези ограничения, предложената рамка представлява реалистична теоретична основа за бъдещи експериментални изследвания и практическо внедряване. Тя може да бъде използвана като отправна точка за разработване на методики, протоколи и цифрови решения за инженерно-технологична подготовка. Именно в това се състои и нейният научно-приложен потенциал.

7. Заключение

Настоящото изследване разглежда възможностите за приложение на генеративния изкуствен интелект при инженерно-технологичната подготовка в шевното производство в контекста на съвременната цифрова трансформация на текстилната индустрия. Анализът на актуалната научна литература показва, че макар AI вече да намира широко приложение в автоматизирания

контрол на качеството, компютърното зрение и оптимизацията на производствените процеси, неговото използване в подготвителните инженерни дейности остава ограничено и недостатъчно систематизирано. Това потвърждава актуалността на темата и необходимостта от целенасочен изследователски подход.

Инженерно-технологичната подготовка се очертава като силно информационно-интензивен процес, при който инженер-технологът обработва значителен обем данни, разработва технологична документация и взема решения, имащи пряко влияние върху качеството, стабилността и ефективността на производството. Именно тези особености правят процеса подходящ за AI-асистирано подпомагане, особено когато се търси ускоряване на подготовката и по-висока степен на структурираност на информацията. В този смисъл генеративният AI може да бъде разглеждан като инструмент за интелигентно разширяване на инженерния капацитет.

Въз основа на извършения анализ е разработена авторска концептуална рамка за AI-асистирано инженерно-технологично подпомагане в шевното производство. Предложението ясно разграничава ролята на генеративния AI и ролята на инженер-технолога: системата подпомага обработването на информация, създаването на първоначални варианти и структуриране на документация, докато окончателната експертна оценка, адаптацията и професионалната отговорност остават при специалиста. По този начин се избягва опасността от неконтролирана автоматизация и се запазва водещият човешки фактор.

Предложеният модел е съобразен с принципите на Industry 5.0, според които интелигентните технологии трябва да подпомагат човека, а не да го заменят. Това е особено важно за шевното производство, където технологичните решения зависят от особеностите на материала,

конструкцията на изделието и конкретната производствена среда. Концептуалната рамка е приложима като основа за бъдещи експериментални изследвания, както и за разработване на практични методики за внедряване на AI в инженерно-технологичната подготовка.

Разработеният примерен сценарий показва, че използването на генеративен AI може да съкрати времето за подготовка, да подобри последователността на технологичната документация и да подпомогне стандартизирането на инженерните решения. Същевременно беше подчертано, че успешното внедряване изисква експертен контрол, ясно дефинирани правила за употреба и съобразяване с производствените ограничения и изисквания за конфиденциалност. Поради това AI трябва да се разглежда като интелигентен помощник, а не като автономен вземащ решения механизъм.

В заключение може да се обобщи, че предложената концептуална рамка има потенциал да подпомогне модернизацията на инженерно-технологичната подготовка в шевното производство, като съчетава предимствата на генеративния изкуствен интелект с професионалната преценка на инженер-технолога. Тя създава основа за по-нататъшни експериментални изследвания, за разработване на практико-приложни решения и за бъдещо внедряване в предприятията от шевната индустрия. По този начин разработката допринася както към научната дискусия, така и към приложната трансформация на сектора.

В резултат на проведеното изследване могат да бъдат формулирани следните научни приноси:

1. Осъществен е задълбочен критичен анализ на актуалните научни публикации, отнасящи се до приложението на изкуствения интелект в текстилната и шевната индустрия,

в резултат на който е идентифицирана ясно изразена научна празнина, свързана с използването на генеративни AI технологии в инженерно-технологичната подготовка.

2. Предложена е авторска класификация на инженерно-технологичните дейности според степента на тяхната пригодност за AI-асистирано подпомагане, която позволява по-прецизно разграничаване на задачите с висок, среден и нисък потенциал за интелигентна поддръжка.

3. Разработена е оригинална концептуална рамка за интегриране на генеративния изкуствен интелект в процеса на инженерно-технологична подготовка в шевното производство, ориентирана към повишаване на ефективността, последователността и проследимостта на подготвителните дейности.

4. Формулиран е модел на взаимодействие между инженер-технолога и генеративния изкуствен интелект, основан на принципа „AI подпомага — инженерът решава“, който ясно дефинира разграничението между консултативната функция на системата и професионалната отговорност на специалиста.

5. Разработен е примерен инженерен сценарий, илюстриращ практическото приложение на предложената концептуална рамка в конкретна задача от шевното производство и демонстриращ възможностите за нейното внедряване в реална производствена среда.

организация на подготвителните дейности. Тя може да бъде използвана като методическа основа при разработването на цифрови решения, ориентирани към интелигентно подпомагане на инженерната работа в условията на Industry 5.0. Освен това моделът е приложим в обучението на студенти и специалисти по текстилна техника и технологии, както и като база за последващи експериментални изследвания и пилотни внедрявания в реална производствена среда.

маг. инж. Фатме Ифраим Юмер е докторант, Енергомашиностроителен факултет, Катедра ТХТ, Технически университет – София, България.

Практическа значимост

Предложената концептуална рамка има потенциал да подпомогне оптимизирането на инженерно-технологичната подготовка в предприятията от шевната индустрия чрез по-ефективно обработване и структуриране на техническа информация, по-бърза подготовка на технологична документация и по-добра

Библиография

- [1] Breque, M., De Nul, L., Petridis, A. Industry 5.0: Towards a Sustainable, Human-Centric and Resilient European Industry. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021. DOI: 10.2777/308407.
- [2] Gilchrist, A. Industry 4.0: The Industrial Internet of Things. New York: Apress, 2016.
- [3] Russell, S., Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th ed. Pearson, 2021.
- [4] Davenport, T. H., Ronanki, R. Artificial Intelligence for the Real World. Harvard Business Review. 2018;96(1):108–116.
- [5] European Commission. Ethics Guidelines for Trustworthy AI. High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. Brussels, 2019.
- [6] Ingle, N., Jasper, W. J. A Review of the Evolution and Concepts of Deep Learning and AI in the Textile Industry. Textile Research Journal. 2025; 95(13–14):1709–1737. DOI: 10.1177/00405175241310632.
- [7] Mohammadi, S. O., Kalhor, A. Smart Fashion: A Review of Artificial Intelligence Applications in the Fashion and Apparel Industry. arXiv, 2021.
- [8] Rizzi, G., Casciani, D. AI into Fashion Processes: Laying the Groundwork. Fashion Highlight Journal. 2023.
- [9] Ahmed, R., Ahmed, E., Elbarbary, A., Hassanien, A. Fashion Industry in the Age of Generative Artificial Intelligence and Metaverse: A Systematic Review. arXiv, 2025.
- [10] Vyhmeister, E., Castane, G. When Industry Meets Trustworthy AI: A Systematic Review of AI for Industry 5.0. arXiv, 2024.
- [11] Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act). Official Journal of the European Union, 2024.
- [12] Groover, M. P. Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. 5th ed. Pearson, 2020.
- [13] Ghobakhloo, M. Generative Artificial Intelligence in Manufacturing: Opportunities for Actualizing Industry 5.0 Sustainability Goals. 2024; 35(9); 94-121. DOI: 10.1108/JMTM – 12 – 0530.