

РЕЦЕНЗИЯ

**от доц. д-р инж. Ивайло Стефанов Стоянов,
Русенски университет „Ангел Кънчев“**

на дисертационен труд на тема: Изследване на специфичния разход на електроенергия на топкови мелници и методи за повишаване на енергийната им ефективност, за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ в област на висше образование: 5. Технически науки, ПН 5.2. Електротехника, електроника и автоматика, докторска програма: Електроснабдяване и електрообзавеждане (по отрасли)

**Автор: маг. инж. Стоян Иванов Четьов
Научен ръководител: доц. д-р Кирил Сталинов Джустров**

1. Основание за изготвяне на рецензията

Настоящата рецензия е изготвена в изпълнение на Заповед № Р-890 от 25.11.2021 г. на Ректора на МГУ „Св. Иван Рилски“ за назначаване на Научно жури за провеждане на публична защита на дисертация на тема „Изследване на специфичния разход на електроенергия на топкови мелници и методи за повишаване на енергийната им ефективност“, представен от маг. инж. Стоян Иванов Четьов, редовен докторант към катедра „Електроснабдяване и електрообзавеждане“, отчислен с право на защита за присъждане на ОНС „доктор“ по докторска програма „Електроснабдяване и електрообзавеждане“, професионално направление 5.2 „Електротехника, електроника и автоматика“ и Решение на заседание на Научното жури, проведено на 03.12.2021 г.

2. Общи сведения за процедурата и представените материали

Рецензията е изготвена въз основа на следните документи: 1) Протокол №3/18.11.2021 на катедрен съвет; 2) Заповед №1156/19.11.2018 на Ректора на МГУ за зачисляване; 3) Заповед №889/25.11.2021 на Ректора на МГУ за отчисляване; 4) Удостоверение ССПМ № 347 от 24.11.2021 г. за положени изпити; 5) Диплома за завършено висше образование; 6) Автобиография; 7) Дисертационен труд; 8) Автореферат на дисертационен труд; 9) Справка за приносите по дисертационния труд; 10) Списък на публикациите, свързани с дисертационния труд.

Съгласно Заповед на Ректора на МГУ „Св. Иван Рилски“ № 1156/19.11.2018 г. инж. Четьов е зачислен в задочна докторантура, която е трансформирана в редовна докторантура със заповед № 1159/20.11.2018, по докторска програма „Електроснабдяване и електрообзавеждане“, Професионално направление: 5.2.

Във връзка с Индивидуалния работен план докторантът Стоян Иванов Четъев е положил успешно изпити по учебните дисциплини: „Електроснабдяване и електрообзавеждане на минните предприятия“, „Икономия и електроенергия“ и „Английски език“.

Дисертацията на маг. инж. Стоян Иванов Четъев е представена на разширен катедрен съвет, проведен на 18.11.2021 г. След обсъждане тя е насочена към процедура за публична защита.

Рецензията е изготвена в съответствие с изискванията на чл.6 (3) от ЗРАСРБ и чл.27 (1) от ППЗРАСРБ.

3. Кратки творческо-професионални данни за докторанта

Стоян Иванов Четъев е завършил бакалавърска степен през 2016 г., специалност Автоматика, информационна и управляваща техника, а през 2018 г - ОКС „магистър“, специалност Електроенергетика и електрообзавеждане в Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“ – гр. София.

Трудовата му дейност започва през 1990 г., когато е назначен в „Елаците Мед“ ЕАД, където работи и в момента. През посочения период е заемал различни длъжности, свързани с придобитото висше образование.

Професионалната и творческата ориентация на докторанта е в областта на електроснабдяването и електрообзавеждането на минни предприятия, автоматизация на индустриалните процеси в тях и подобряване на енергийната ефективност.

4. Оценка на дисертационния труд

4.1. Общи сведения

Представеният дисертационен труд е в общ обем от 138 страници. Записката е структурирана в увод, 6 (шест) глави с 50 фигури и 21 таблици, заключение, приноси, списък на публикациите по дисертацията, използвана литература от 121 литературни източници и списък на публикациите по дисертационния труд.

Представеният автореферат е в обем от 56 страници и съдържа синтезирано изложение на разработката, с представителна извадка от фигури и таблици, пълният текст на въведението, заключението и приносите и списък на публикациите на докторанта. В него са отразени достатъчно пълно основното съдържание на дисертационния труд.

4.2. Актуалност на изследването. Цел и задачи. Методи и подходи

Въпросите, свързани с подобряването на енергийната ефективност чрез подобряване показателите за специфичния разход на електрическа енергия са актуални и оказват значително влияние върху дела на общите разходи на потребената електроенергия в минни и преработвателни предприятия.

Темата на дисертационния труд, а именно “Изследване на специфичния разход на електроенергия на топкови мелници и методи за повишаване на енергийната им ефективност”, е в областта на електротехниката, електрониката и автоматиката и въпреки известната научна експлоатация на проблематиката за подобряване на енергийната ефективност, тя все още е много актуална и дисертабилна. Една от причините за това е фактът, че енергийната ефективност на съоръженията може да бъде като резултат, получен от вложената енергия и/или ефективно оползотворяване на енергийните ресурси, т.е. подобряване на специфичния енергиен разход за единица продукция. Това направление е изследователска област, в която постоянно се предлагат нови технически решения, модели за управление и т.н. с оглед постигане на по-добри икономически резултати чрез повишаване ефективността на електрозадвижванията и подобряване специфичния разход на електрическа енергия.

В края на първа глава е формулирана и основната цел на дисертацията, а именно *Изследване на специфичния разход на електроенергия на топкови мелници и методи за повишаване на енергийната им ефективност*. Формулираната цел е постигната чрез решаването на следните основни задачи:

- теоретично и експериментално изследване зависимостта на използваната електроенергия от факторите, обуславящи технологичния процес смилане;
- разработване на методи за повишаване на ефективността на използването на електроенергия за задвижването на топкови мелници.

Реализацията на формулираните от докторанта задачи на изследването е базирана на прилагане на принципите на съвременните стандарти и системни подходи за изследване. Това предполага: а) разработване на методи за провеждане на изследването и оценка на получените резултати; б) използване на специализирана измервателна апаратура и приложни програми; в) верификация на разработените методи за повишаване на ефективността на използването на електроенергия за задвижването на топкови мелници; г) предлагане на конкретни енергийно-ефективни технически решения за намаляване разхода на електрическа енергия в миннодобивни предприятия.

Методически работата по дисертационния труд е добре структурирана.

Дисертационният труд на маг. инж. Стоян Иванов Четъов е в област, изискваща компетентност в редица инженерни аспекти. Трябва да се отбележи, че интердисциплинарният подход и притежаването на специфични познания в областта на Електроснабдяване и електрообзавеждане, Електрически машини, Математика, Математическо моделиране са изисквания при организирането, провеждането и анализа на научни изследвания.

Маг. инж. Стоян Иванов Четъов умело демонстрира специализирани умения, компетенции и знания, включително за синтез и оценка, необходими за решаване на ключови проблеми в сферата на научните изследвания. По този начин той е повишил своята

квалификация и се е изградил като изследовател, който демонстрира оригинално мислене и критическо осмисляне на научни и научно-приложни въпроси.

Основните методи за изследване при решаването на конкретните задачи са: аналитични и експериментални методи за оценка. Експерименталните изследвания са проведени със съвременна измервателна и диагностична апаратура. Към всяка от главите на дисертационния труд в края са представени съответни изводи с описание на постигнатите резултати.

Налице е съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел на дисертационния труд.

Цялостното впечатление е, че кандидатът владее необходимия математически апарат за целесъобразни приложения, а също е в състояние да решава инженерни задачи, свързани с провеждане на изследователска работа.

4.3. Структура и съдържание на дисертационния труд. Основни резултати.

Уводът е в обем от 1 страница и в него са обосновани актуалността и интердисциплинарния подход на настоящото научно изследване. В Глава първа е извършено литературно проучване и анализ на състоянието на проблема в обем от 11 страници. Извършен е преглед на въпросите, свързани с основните фактори, оказващи влияние върху разхода на електрическа енергия при експлоатация на барабанни топкови мелници - режимът на работа на топковия товар, производителността на мелницата, мениджмънт на реактивните мощности, оптимизиране диаметъра на мелещите тела и др.

Глава втора е в обем от 22 страници. В нея са класифицирани известните видове барабанни топкови мелници, използвани в рудодобивните фабрики и рудоподготвителните отделения на металургични предприятия. Проучени са факторите, които оказват влияние върху работата на използваните електрически двигатели, режимите на работа и видовете задвижвания специфичните условия към експлоатация на асинхронни и синхронни двигатели за средно напрежение. На тяхна база е анализирана връзката между различните фактори и производителността на барабанните топкови мелници.

Глава трета е в обем от 13 страници. С помощта на статистически методи и определени показатели е анализирано на влиянието на основните технологични параметри върху мощността на двигателите, задвижващи барабанни топкови мелници. С помощта на регресионния анализ са получени данни за зависимостта на активна мощност на двигателите, количеството руда, водата в мелница, вода в зумпфа, дебита и налягането в хидроциклона (табл. 3-1). Получените резултати са обработени с помощта на известни статистически подходи, а обобщени резултати са показани в графичен вид.

Установено е, че натоварването с руда оказва слабо влияние върху потребяваната мощност. Увеличаването на мощността с около 20 kW довежда до нарастване на производителността, което е предпоставка за намаляване на специфичният разход на

електроенергия. При натоварвания над 180 t/h се започва да се влошава качеството на продукцията. Дебитът на вода има слабо влияние върху потребяваната мощност. Оптимумът е около 12÷14 m³/h задна вода, при което се получават най-добри резултати в процеса смилане на рудата. Установено е, че консумираната от мелницата мощност има екстремален минимум ако предната вода е с дебит 230 – 250 m³/h. При този воден дебит се получават и най-добро смилане на рудата.

Получените резултати показват, че основните фактори, оказващи влияние върху потребяваната от съоръжението мощност са количеството топков товар и режима на работа на електродвигателя. Чрез подходящи съотношения може да се постигне максимална производителност при относително постоянна потребявана мощност.

Глава четвърта е в обем от 20 страници. В нея е извършен избор на електрически двигател СрН и неговото задвижване. Определени са номиналната мощност, загубите в магнетопровода, намотките, специфичните загуби в зъбите, загубите в полюсните крайници, загуби от вихрови токове и допълнителните загуби. Установено е, че използваните двигатели в миннодобивните предприятия имат по-голяма мощност от необходимата. Използването на електродвигател с по малка мощност е предпоставка за икономии на консумацията на електрическа енергия.

Глава пета е в обем от 44 страници. В нея са представени таблични и графични резултат от проведените експериментални изследвания за динамиката на тока, мощността и техните измервателни грешки. Анализирани са зависимостта на активната мощност от натоварването по руда (фиг. 5-11), а на фиг. 5-12 - зависимостта на качеството на изходния продукт от натоварването по руда. Представени са зависимости на: потребяваната активна мощност от топковия товар на мелницата, натоварване на мелницата в зависимост от средната часова мощност и специфичния разход на електроенергия. Изследвана е работата на мелницата в зависимост от топковия товар. Резултатите показват, че разходът на топки от типа ВU е по-малък от разхода на другия използван тип “Стомана” средно с 0,0153 t/h. Установена е силна корелация между потребената енергия и количеството топки - с промяната на структурата на топковия пълнеж се променя центърът на тежестта на смилещата среда, съответно-съпротивителния момент, който трябва да преодолява електродвигателя. Експериментално е установено, че относителната ъглова скорост, с която се върти барабана, а не абсолютната, е определяща за производителността на мелницата, респективно – специфичния разход на електроенергия.

Глава шеста е в обем от 11 страници. В нея са предложени електрически и технологични методи за намаляване на специфичния разход на електроенергия при задвижване на топкови мелници. Те се основават на оптимизиране на електрозадвижването, налягане вход хидроциклон, плътност и обемен разход на руда.

В края на записката като заключение са оформени направените констатации във вид на релевантни изводи във връзка с проведените изследвания.

Като цяло актуалността на дисертационния труд е свързана с изследване на енергийни процеси в барабанни топкови мелници. Работата е в областта на научните изследвания, свързани с подобряване на енергийната ефективност на компоненти и цялостни системи с индустриално приложение и изследване на енергийно-ефективни технически решения.

Библиографията обхваща 121 литературни източници, от тях 80 на кирилица, 28 на латиница и 13 от Интернет. Използваните източници на информация обхващат трудовете на български и чуждестранни изследователи и техническа справочна литература, свързани с тематиката на дисертационния труд.

Литературните източници засягат изследвания у нас и в чужбина в сферата на електроенергетиката, електрическите уредби, оптимизиране разхода на електрическа енергия, силовата преобразователна техника, електрическите машини и др.

Ползването и съответно позоваването на тази база на литературните източници е пряко свързано с темата и показва, че кандидатът е запознат в достатъчна степен със състоянието на проблематиката и е повишил своите знания и компетенции в тази предметна област.

4.4. Приноси

Приемам заявените приноси от маг. инж. Стоян Иванов Четъов, като основателни с характер на обогатяване на съществуващи знания и научни разработки с приложения в науката и практиката. Те имат научно-приложен и приложен характер.

1. Научно-приложни приноси:

- Чрез синтезиран математически модел и статистически методи е установено, че факторите определящи технологичния процес са със слабо влияние върху потребяваната мощност. Доказано е, че чрез правилното им управление може да бъде увеличена производителността, като по този начин се намалява специфичния разход на електроенергия.
- Практически изследвано и анализирано е влиянието на запълването с топов товар върху консумираната електроенергия. Доказано е, че при запълване (36 ÷ 38) %, изследваните мелници работят с най-висока производителност и най-нисък специфичен разход на електроенергия.
- Изведени са регресионните уравнения и съответно коефициент на детерминация при всяка една от регресионните криви на факторите, обуславящи технологичния процес.

2. Приложни приноси:

- Чрез теоретични и експериментални изследвания е доказана възможността, че използваният в момента като стандартна окомплектовка електрически двигател може да бъде заменен с по-маломощен.

- Чрез експериментални изследвания и теоретична обосновка е доказано, че минимизиране на реактивните товари, генерирани от синхронните двигатели са предпоставка за намаляване на специфичния разход на електроенергия.
- Експериментално е установено, че относителната ъглова скорост, с която се върти барабана, а не абсолютната е определяща за производителността на мелницата, респективно – специфичния разход на електроенергия.

4.5. Наукометрични данни и представяне на научните резултати

Изследванията по дисертационния труд са апробирани в 3 (три) публикации. Две от публикациите са докладвани на международни конференции, а една е публикувана в научно списание. Две от публикациите са самостоятелни, а една - в съавторство с научния ръководител. Заглавията и съдържанието на представените публикации са пряко свързани с темата на дисертационния труд и получените резултати, които са включени в отделни части на записката.

Не е приложена справка за известни цитирания.

4.6. Автореферат

Авторефератът е разработен съгласно изискванията на ЗРАСРБ и отразява напълно съдържанието на дисертационния труд. Написан е на 56 страници. Освен кратко представяне на дисертацията авторефератът включва научно-приложни приноси и списък на публикациите по дисертационния труд.

5. Авторство на получените резултати

Не познавам кандидата. Получените впечатления за научноизследователската дейност на маг. инж. Стоян Иванов Четъов са в резултат от представянето му на предварителната защита и последващи разговори с него.

Резултатът от направена проверка с помощта на специализиран софтуер за авторството и оригиналността на дисертационния труд показва, че има само 2,18 % съвпадения с известни литературни източници.

Този резултат, представената записка и релевантните приложени публикации ми дават основание да считам, че предложеният дисертационен труд е негово лично дело.

6. Бележки и препоръки по дисертационния труд

Дисертационният труд е с изразен приложен характер, което подкрепя неговата тежест и качество. Добро впечатление прави комбинирането на знания от различни области, като електрически машини, математика, електрически измервания и др.

По-съществените ми забележки и препоръки по дисертационния труд и автореферата са:

- Подходящо е в Глава първа да се добавят подточки и обобщения, които да са представени във вид на диаграми, схеми и т.н.
- Да се прецизират изводите към отделните глави.
- Препоръчвам предложените инженерно-технически решения за намаляване на електропотреблението в минното производство в следващи разработки на автора да продължат и да изпрати свои материали за публикуване в реномирани международни издания.

Посочените от мен забележки и препоръки не омаловажават извършената научноизследователска дейност от маг. инж. Стоян Иванов Четьов. Считам, че дисертационният труд постига заявената цел, а дефинираните задачи са изпълнени на високо научно ниво и дисертацията има завършен характер.

7. Заключение

Представеният ми за рецензия дисертационен труд **отговаря** на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България, съдържа обосновани и целенасочени изследвания, и разработки по формулираната цел и задачи в него.

Считам, че поставената цел е постигната и мога да дам **положителна** оценка на дисертационния труд.

Предлагам на Научното жури да присъди образователната и научна степен **доктор** на **маг. инж. Стоян Иванов Четьов**, в област на науките 5. Технически науки, професионално направление 5.2. Електротехника, електроника и автоматика, Научна специалност Електроснабдяване и електрообзавеждане (по отрасли).

Дата: 27.12.2021 г.

ДОЦ. Д-Р ИНЖ. ИВАЙЛО СТЕФАНОВ СТОЯНОВ