

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на ОНС „доктор“, в област на висше образование 5. Технически науки, ПН 5.2. Електротехника, електроника и автоматика, научна специалност: Електроснабдяване и електрообзавеждане.

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Пламен Кирилов Петров.

Тема на дисертационния труд: Електроенергийна ефективност при полуавтогенни мелници в минната промишленост.

Член на научното жури: проф. д-р инж. Ивайло Стефанов Стоянов, Русенски университет „Ангел Кънчев“.

1. Основание за изготвяне на рецензията

Настоящата рецензия е изготвена в изпълнение на Заповед № Р-939 от 22.12.2022 г. на Ректора на МГУ „Св. Иван Рилски“ за назначаване на Научно жури за провеждане на публична защита на дисертация на тема „Електроенергийна ефективност при полуавтогенни мелници в минната промишленост“, представен от маг. инж. Пламен Кирилов Петров, 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 20.01.2023 г.

2. Общи сведения за процедурата и представените материали

Рецензията е изготвена въз основа на следните документи: 1) Протокол №7/20.12.2022 от заседанието на разширен катедрен съвет; 2) Заповед № Р-34/13.01.2020г. на Ректора на МГУ за зачисляване; 3) Заповед № Р-937/22.12.2022 г. на Ректора на МГУ за отчисляване; 4) Заповед № Р-939/22.12.2022 г. на Ректора на МГУ за състава на научното жури; 5) Удостоверение ССПМ № 361от 14.12.2022 г. за положени изпити по индивидуалния учебен план; 6) Диплома за завършено висше образование; 7) Автобиография; 8) Дисертационен труд; 9) Автореферат на дисертационен труд; 10) Справка за приносите по дисертационния труд; 11) Списък на публикациите, свързани с дисертационния труд.

Пламен Кирилов Петров е зачислен за редовен докторант по докторска програма „Електроснабдяване и електрообзавеждане” през 2020 г. По време на своето обучение докторантът е положил успешно изпити по учебните дисциплини: „Електроснабдяване и електрообзавеждане в промишлеността“, „Електроенергийна ефективност в минната промишленост“ и „Английски език“.

Дисертацията на маг. инж. Пламен Кирилов Петров е представена на разширен катедрен съвет, проведен на 20.12.2022 г., като 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. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем.

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 рудодобивни предприятия.

Темата на дисертационния труд, а именно „Електроенергийна ефективност при полуавтогенни мелници в минната промишленост“, е в областта на електротехниката, електрониката и автоматиката и въпреки редицата научни изследвания 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 консумираната енергия или от оптимизация на технологичните процеси в полуавтогенни мелници при натоварване и разтоварване с руда, при различни отвори на разтоварните решетки, оптимизиране ъгъла на падане на рудата и др. При полуавтогенните мелници смилането на рудата се извършва посредством барабана на мелницата, който повдига на рудата до определена височина с помощта на лифтери.

Полуавтогенните мелници намират приложение при редица енергоемки производства в металургичната, минната и циментовата промишлености. Това направление е изследователска област, в която постоянно се предлагат нови технически решения, конструктивни и икономически изисквания, целящи да се подобри енергийната ефективност и експлоатационната надеждност. Обект на изследването е полуавтогенната мелница, работеща в ДПМ „Челопеч“, с мощност на електродвигателя 5,4MW. Всичко това определя актуалността и практическата насоченост на настоящия дисертационен труд.

4. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал.

В дисертационният труд са предложени теоретични постановки и алгоритми за моделиране и изследване на смилателните процеси, и тяхната ефективност на полуавтогенни мелници по показател минимален разход на електрическа енергия. Направени са експериментални изследвания за подобряване на енергийната ефективност посредством нови и усъвършенствани технически средства за увеличаване на ефективността на процеса смилане в полуавтогенна мелница.

Извършено е проучване на технологични елементи в процеса смилане в обогатителната фабрика на “Дънди Прешъс Металс Челопеч”. Обектът на изследване е консумираната електрическа енергия от полуавтогенна мелница, работеща в ДПМ „Челопеч“, с мощност на електродвигателя 5,4MW при различни режими на работа на процеса смилане, отнесени към входно-изходните параметри. Полуавтогенните мелници представляват един широк клас от машини, предназначени за раздробяване, смилане и/или смесване на материали, като за целта се използват метални сферични тела качеството на работна (мелеща) среда. Установени са

основните електрически консуматори, а именно: захранващи ленти, системата за връщане на отломките, полуавтогенната мелница, вътрешната облицовка при различни форми лифтери и разтоварни решетки, батерия хидроциклони, задвижващ електродвигател. Предложена е номограма за определяне на консумирана мощност от полуавтогенна мелница зависимост от честотата на въртене на барабана и нивата на общият товар. Обоснована е корелацията между запълването с топки, количеството на материала, честотата на въртене и консумацията на електрическа енергия от полуавтогенната мелница.

Разработени са методики за:

- определяне влиянието на ъгъла на падане на рудата и процентното запълване на рудата в полуавтогенната мелница;
- изследване на влиянието на размери на отворите на разтоварващите решетки и консумираната енергия при процеса смилане;
- избор на регулатор за автоматично управление на процеса смилане в полуавтогенната мелница;
- симулиране на автоматичното управление на процеса смилане с ПИД регулатори и влиянието им върху енергийната ефективност на полуавтогенната мелница;
- определяне на влиянието на автоматичният режим на работа на процеса смилане на върху енергийната ефективност;
- определяне на влиянието на оптимизатора смилане (ACT) върху консумираната електроенергия.

На тяхна база са предложени модифицирани смилателни модули за полуавтогенна мелница SAG 8,5 x 5,3м (разтоварни гумирани решетки на изхода на мелницата с размери на отворите 23mm и 25mm) с цел получаване по-добри параметри на смления материал при оптимален разход на енергия. Установен е оптимален ъгъл на падане на рудата в полуавтогенната мелница с цел да се намали разхода на енергия за тон преработена руда. Изграден е контур включващ дистанционен SRIP и директен SDIP датчици за измерване на ударни импулси генерирани от ударите на рудата в облицовката на полуавтогенната мелница с цел получаване по-добри параметри на смления материал при оптимален разход на енергия. Разработена е диалогова програма в Matlab среда за симулиране на работата и ефективността на регулатори в едноконтурни системи за автоматично регулиране на процеси в полуавтогенни мелници. Всички те дават възможност за тяхното ефективно и пълноценно използване в практиката.

С помощта на реализираната система за управление на процеса мокро смилане в едностадийната мелница за руда се осъществява стабилизиране на зададените изходни показатели (финоста на смилане и плътността), с което се осигурява оптимална производителност на мелничния агрегат. При включен оптимизатор на смилане (ACT) производителността е стабилна, като специфичната консумация за тон преработена руда е най-малка 16,9 kWh/t. Установено е, че облицовката на полуавтогенната мелница оказва същесвено влияние върху специфичния разход на енергия и върху електроенергийната ефективност на

мелницата като цяло. В началото преработката е ниска и постепенно започва да се увеличава, през този период специфичния разход на електрическа енергия на полуавтогенната мелница се колебае в широки граници. В началото, когато облицовката е висока и стабилна електроенергийната ефективност е най-добра - 15,5kWh/t, а с износването на облицовка специфичния разход на енергия се увеличава до 19,5 kWh/t, при което електроенергийната ефективност е най-малка.

Дисертационният труд е в обем от 171 страници, включващи увод, 6 глави, научно-приложни и приложни приноси, списък на публикациите по дисертацията и използвана литература и 8 страници приложения . Цитирани са общо 136 литературни източници, от които 88 са на латиница, 38 - на кирилица и 10 достъпни от Интернет. Работата е добре илюстрирана с 85 фигури и 16 таблици.

Дисертационният труд е в област, изискваща компетентност и притежаването на специфични познания в различни области като електроснабдяване, електрообзавеждане, математическа статистика, механика, автоматизация на производството и др. Те са приложени при организирането, провеждането и анализа на проведените изследвания. Пламен Кирилов Петров умело демонстрира висока степен на познаване на проблема, компетенции и знания, включително за синтез и оценка, необходими при организирането и провеждането на експерименталните изследвания, обработката и анализа на получените данни. По този начин той е повишил своята квалификация и се е изградил като научен работник, който демонстрира оригинално мислене и критическо осмисляне на научни и научно-приложни въпроси.

5. Съответствие на избраната методика на изследване и поставената цел и задачи на дисертационния труд с постигнатите приноси.

Целта на дисертационния труд е да разработване на методи за повишаване на ефективността на използването на електроенергия за задвижването на полуавтогенни мелници.

За реализиране на формулираната цел са решени следните задачи:

1. Да се съберат, обработят и анализират данни със системата MillSense чрез измерване на ъгъла на падане на рудата в мелницата и консумираната енергия на тон преработена руда.

2. Да се съберат, обработят и анализират данни от проведен експеримент с размери на разтоварните решетки 23 mm и 25 mm, монтирани в полуавтогенна мелница тип SAG 8,5 x 5,3 m.

3. Да се проведат експериментални изследвания с полуавтогенна мелница, разглеждана като обект на автоматизация при различни режими на работа.

4. Да се изследват влиянието на вида на управляващата система върху енергийната ефективност при процеса смилане.

5. Да се разработи приложна програма за симулация и оценка на ефективността на автоматизирания процес.

Дисертационният труд се базира на значителен обем експериментални изследвания, като всички данни и измервани величини са обработени и анализирани с методите на математическата статистика, теорията на планиране на експеримента и др. Избраните методи

на изследване напълно съответстват на поставената цел, формулираните задачи и постигнатите приноси.

6. Научно-приложени и приложни приноси на дисертационния труд

Приемам заявените от кандидата научно-приложни и приложни приноси. Те отразяват основните резултати от научните изследвания в дисертацията.

Научно-приложни приноси:

- анализирани и систематизирани са основните фактори и средства за реализация на електроенергийната ефективност при процеса смилане;
- изведени са регресионните уравнения и съответно коефициент на детерминация при всяка една от регресионните криви на факторите, обуславящи технологичния процес.

Приложни приноси:

- доказано е, че при управление на процеса на смилане с оптимизатор на смилане (АСТ) по показателя специфичен разход на електроенергия се получава по-добра ефективност на полуавтогенната мелница в сравнение с автоматично управление на процеса с ПИД регулатор;
- предложени са конструктивни, технологични и автоматизирани решения, за подобряване на електроенергийната ефективност при процеса смилане в полуавтогенна мелница SAG 8,5 x 5,3 m;
- предложени са модифицирани смилателни модули (разтоварни гумирани решетки на изхода на мелницата с размери на отворите 23 mm и 25 mm) с цел получаване по-добри параметри на смления материал при намалена консумация на електрическа енергия;
- направена оценка производителността на мелницата при оптимален разход на електроенергията на базата на експериментални изследвания с помощта на системата MillSense, осигуряваща измерване на ъгъла на падане на рудата в мелницата;
- предложен е оптимизатор на процеса смилане (АСР) мелницата и е направена оценка производителността на мелницата при намален разход на електрическа енергия;
- разработено е техническо решение за дистанционно и директно измерване на ударните импулси, генерирани от рудата в облицовката на полуавтогенната мелница, и микропроцесорен управляващ модул MILLCONT 2A с цел получаване по-добри параметри на смления материал при намален разход на енергия;
- разработена е приложна програма в Matlab среда за симулиране на работата и оценка на енергийната ефективност при управление на полуавтогенни мелници.

Признавам изложените по-горе научно-приложни и приложни приноси като заслуги на кандидата, постигнати в процеса на дисертационното изследване. Получените резултати потвърждават значимостта на разработката за практиката.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд:

Публикационната дейност на маг. инж. Пламен Кирилов Петров покрива минималните изисквания към кандидатите за ОНС „доктор“. Представени са 4 публикации по дисертационния труд. Две са представени на Национална научно-техническа конференция с международно участие Букамк'20 Автоматизация в минната индустрия, една в Годишник на МГУ „Св. Иван Рилски“ и една в международно научно списание. Публикация №3 е самостоятелна. Всички публикации съдържат резултати, които са представени в дисертацията. Това ми дава основание да приема, че част от резултатите от работата по дисертацията са станали достояние на научната общност у нас и в чужбина.

8. Оценка на съответствието на автореферата.

Авторефератът е разработен съгласно изискванията на ЗРАСРБ и отразява напълно съдържанието на дисертационния труд. Написан е на 54 страници. Освен кратко представяне на дисертацията авторефератът включва научно-приложни приноси, списък на публикациите по дисертационния труд и кратко резюме на английски език.

9. Мнения, препоръки и бележки.

В предварителното обсъждане на дисертационния труд отправих редица препоръки по оформлението, структурата, изложението, приносите и др. Те са частично изпълнени. Това ми дава основание да формулирам следните забележки и препоръки:

1. На редица места в записката са допуснати правописни и граматически грешки. Съдържанието да се коригира. Да се уеднакви форматирането на текста. Наименованието и фигурите трябва да са на една и съща страница. Да се намалят празни пространства.

2. Подходящо е целта и основните задачи да се формулират по-прецизно.

3. Използвани са неподходящи термини при анализа на чуждестранни литературни източници.

4. Да се уеднаквят формулираната цел и основни задачи в дисертационния труд и автореферата.

5. Наименованието на т. 3.7 и текстът на тази част се нуждае от редакция.

6. Да се посочат източниците на приложените фигури, графики и т.н.

7. Необходимо е да се извърши по-задълбочен анализ на фиг. 2.2. Наименованията на величините по отделните оси да са на български език.

8. Съдържанието на т.4.3 и т. 4.5 е неподходящо, защото няма научна новост и не е насочена към работата. Сгрешена е номерацията на подточките на т. 4.6. Част от съдържанието на четвърта глава има много описателен характер.

9. Допуснато е неточност при тълкованието на статистическите данни на фиг. 6.5.б и 6.6.б. За посочените стойности на коефициента на детерминация, не може да се говори за наличие на корелация между наблюдаваните параметри.

10. В автореферата има т.6.3.9, а такава няма в дисертационния труд. Останалите забележките по автореферата са свързани с оформлението и форматирането на текста.

Посочените препоръки не омаловажават извършената работа от маг. инж. Пламен Кирилов Петров и дисертационният труд има завършен характер, отговарящ на изискванията.

10. Заключение.

Дисертационният труд на маг. инж. Пламен Кирилов Петров на тема „Електроенергийна ефективност при полуавтогенни мелници в минната промишленост“ **отговаря** на изискванията на ЗРАС в Република България и Правила и процедури за приемане и обучение на докторанти и придобиване на образователната и научна степен „доктор“ и научната степен „доктор на науките“ в Минно-геоложкия университет “Св. Иван Рилски” – София. Дисертацията съдържа обосновани и целенасочени научни изследвания, и разработки за постигане на заявената цел и формулираните задачи, както и оригинални научно-приложни и приложни приноси.

Считам, че поставената цел е постигната и давам **положителна** оценка на дисертационния труд.

Всичко това ми дава основание да предложа на почитаемото Научното жури да присъди **образователната и научна степен „доктор“ на маг. инж. Пламен Кирилов Петров**, в Област на висше образование 5. Технически науки, Професионално направление 5.2. Електротехника, електроника и автоматика, Научна специалност: Електроснабдяване и електрообзавеждане.

Дата: 17 март 2023 г.
гр. Русе

Рецензент:
/проф. д-р инж. Ивайло Стоянов/