

УДК 62-1-/9

## АНАЛІЗ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ 3D-ПРИНТЕРУ НА ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ШЛЯХУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБУ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЇ FDM З МОЖЛИВІСТЮ ПОДАЛЬШОЇ УТИЛІЗАЦІЇ

Вишневецький В.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>студент гр. 132-19-2, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: [vishnyavlad2000@gmail.com](mailto:vishnyavlad2000@gmail.com)

**Анотація.** В роботі проведений аналіз енергозатрат 3D-принтеру Flying Bear Ghost 5 під час експлуатації. Розраховано собівартість виготовлення днища корпусу трансмісії, з можливістю використання розрахунків для інших виробів. Розглянута можливість рециклінгу виробів з ABS пластику.

*Ключові слова:* собівартість 3D-друку, аналіз енергоспоживання 3D-принтеру, рециклінг ABS.

## 3D PRINTER ENERGY CONSUMPTION ANALYSIS ON THE TECHNOLOGICAL WAY OF MANUFACTURING A PRODUCT USING FDM TECHNOLOGY WITH THE POSSIBILITY OF FURTHER UTILISATION

Vyshneveczkiy Vladislav<sup>1</sup>

<sup>1</sup>student, Engineering and Generative Design Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: [vishnyavlad2000@gmail.com](mailto:vishnyavlad2000@gmail.com)

**Abstract.** The analysis of energy consumption of 3D-printer Flying Bear Ghost 5 during operation is carried out. The cost of manufacturing the bottom of the transmission case is calculated, with the possibility of using calculations for other products. The possibility of recycling ABS plastic products is considered.

*Keywords:* cost of 3D-printing, analysis of energy consumption of 3D-printer, ABS recycling.

**Вступ.** 3D-принтер – пристрій, що використовує метод пошарового створення фізичного об'єкта за цифровою 3D-моделлю [1]. Застосовується для швидкого прототипування, тобто швидкого виготовлення прототипів моделей і об'єктів для подальшого доведення, завдяки якому вже на етапі проектування можна кардинальним чином змінити конструкцію вузла або об'єкта в цілому. В інженерії такий підхід дозволяє істотно знизити витрати на виробництво та освоєння нової продукції.

Технологія 3D-друку також придатна для швидкого виробництва – виготовлення деталей з матеріалів, підтримуваних 3D-принтерами. Це вдале

рішення для випуску малосерійної продукції, виготовлення моделей і форм для ливарного виробництва тощо [2].

**Мета роботи.** Розрахунок собівартості виготовлення виробів в малій серії на 3D-принтері з метою прогнозування виробничих витрат.

**Матеріал та результати досліджень.** Для визначення кількості електроенергії спожитої 3D-принтером, були проведені вимірювання за допомогою реєстратора якості електроенергії FLUKE 1738 (рис. 1).

Функція сумарного звіту про якість електроенергії дозволяє провести розширений аналіз. FLUKE 1738 здатний автоматично отримувати значення напруги, току, потужності, гармонік і пов'язаних з ними значень якості електроенергії.



Рис.1. – процес проведення замірів за допомогою FLUKE 1738

На графіку та таблиці (рис. 2) приведено графік споживання електроенергії з інтервалом 15 хвилин. Перевевши отримані данні, можливо зазначити що за 3 години 52 хвилини було споживано 834,3 Вт · год енергії.

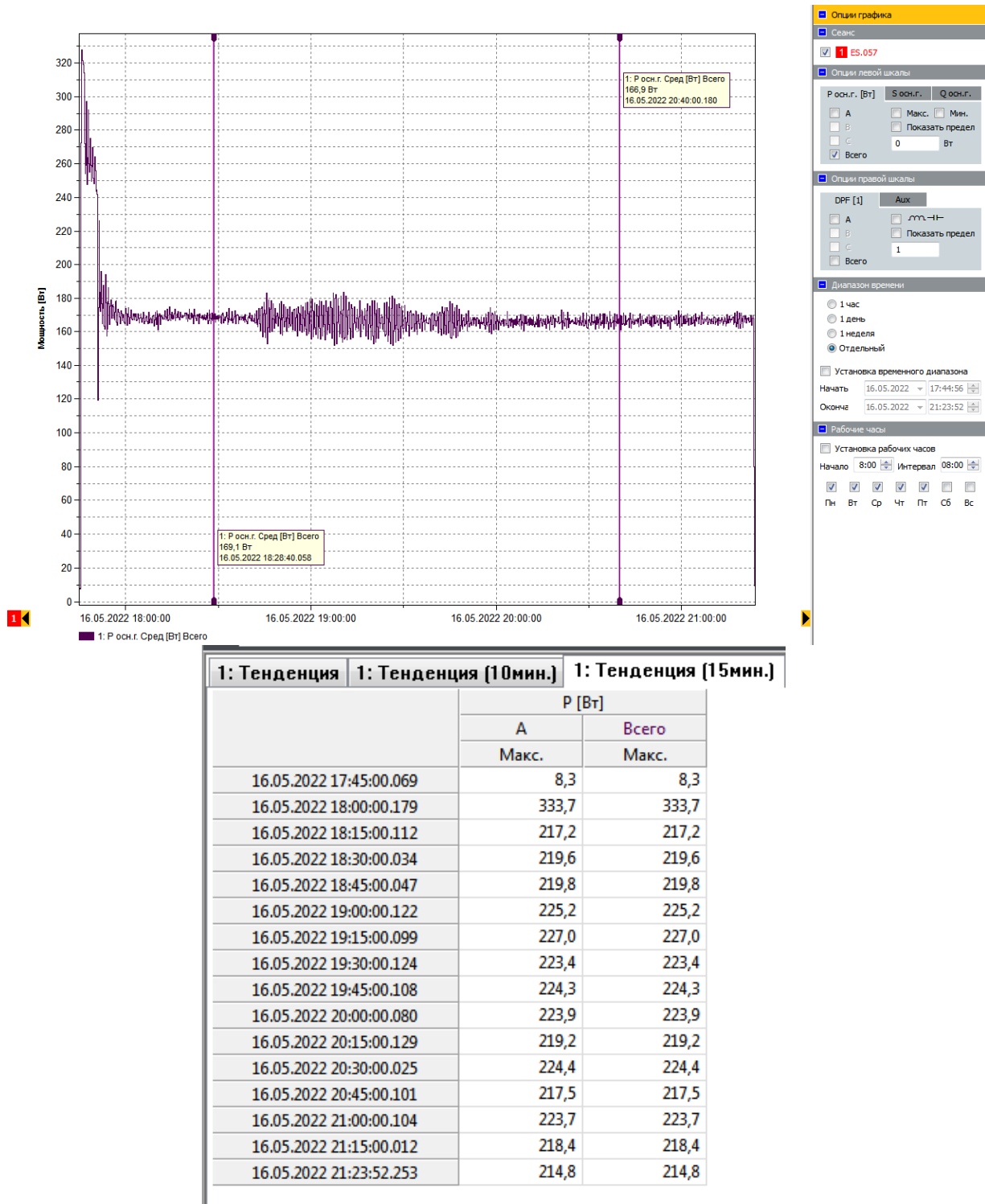


Рис. 2. – Дані, отримані зі звіту FLUKE 1738 після проведення замірів

Розрахуємо споживання електроенергії 3D-принтером, Вт · год:

$$P = \frac{P_{розр}}{t_{ц}} = 214,77 \quad (1)$$

Де  $P$  - споживання електроенергії 3D-принтером, Вт · год;

$P_{розр}$  – розраховане споживання за період одного робочого циклу обладнання;

$t_{ц}$  – час одного робочого циклу обладнання,  $t_p = 3,88$  год.

Для прикладу була взята модель дна корпусу трансмісії Toyota Supra. Після друку дно корпусу трансмісії було зважене з метою розрахунку собівартості виробу (рис. 3).



Рис. 3. – вага дна трансмісійного корпусу

Для розрахунку собівартості виготовлення виробу використана наступна формула:

$$C_{fin} = C_m + C_e + C_{ts} + C_{amp} = 66,23 \text{ грн} \quad (2)$$

Де  $C_{fin}$  – вартість виробу, грн;

$C_m$  – вартість матеріалу, грн;

$C_e$  – вартість електроенергії, грн;

$C_{ts}$  – витрати на технічне обслуговування 3D-принтеру, грн;

$C_{amp}$  – амортизаційні нарахування, грн.

Витрати на матеріал становлять:

$$C_m = (c_p + c_d) \cdot m_B = 52 \text{ грн}, \quad (3)$$

Де  $c_p$  – вартість сировини,  $c_p = 320$  грн;

$c_d$  – вартість послуг з доставки,  $c_d = 80$  грн;

$m_B$  – маса виробу,  $m_B = 0,13$  кг.

Витрати на електроенергію становлять:

$$C_e = (t_p \cdot P) \cdot c_e = 6,14 \text{ грн} \quad (4)$$

Де  $t_p$  – час друку одного виробу,  $t_p = 3,5$  год,

$P$  – споживання електроенергії 3D-принтером, кВт·год;

$c_e$  – вартість 1 кВт електроенергії для побутових споживачів,  $c_e = 8,21$  грн/кВт·год.

Витрати на технічне обслуговування 3D-принтеру дорівнюють:

$$C_{ts} = (C_g + C_s + C_o + C_b) \cdot t_p = 1,5 \text{ грн} \quad (5)$$

Де  $C_g$  – витрати на заміну скла,  $C_g = 0,16$  грн/год;

$C_s$  – вартість ремонтних комплектів термобар'єрів,  $C_s = 0,2$  грн/год

$C_o$  – витрати на мастило,  $C_o = 0,004$  грн/год;

$C_b$  – витрати на заміну приводних ремнів,  $C_b = 0,06$  грн/год.

Щомісячні амортизаційні нарахування виробничого обладнання становитимуть:

$$C_{ам1} = \frac{B_n B_l}{T} = 395,83 \text{ грн} \quad (6)$$

Де  $B_n$  – початкова вартість принтера,  $B_n = 12000$  грн;

$B_l$  – ліквідаційна вартість принтера,  $B_l = 2500$  грн;

$T$  – нормативний ресурс,  $T = 24$  місяця.

З розрахунку, що принтер буде виготовлювати 60 виробів в місяць, амортизація для одного виробу становить:

$$C_{амр} = \frac{C_{ам1}}{60} = 6,59 \text{ грн}, \quad (7)$$

ABS має високі фізико-механічні властивості, але будь який виріб має певний срок експлуатації, в кінці якого він підляжить утилізації або подальшій переробці [3]. ABS є не біорозкладним пластиком на нафтовій основі. Школу навколишній середі наноситься за рахунок того що він майже не піддається природному розпаду.

ABS є термопластичним пластиком, тож його можливо перероблювати за рахунок високих температур. Важливо також враховувати, що при нагріві виділяється токсичний газообразний стирол, який в процесі переробки необхідно виводити з приміщення.

Матеріал перероблюється методом лиття або екструзії. Лиття передбачає підігрів пластику до в'язкоплинного стану та подальше подання його в спеціальну форму.

При екструзії пластик нагріває екструдер, який пропускає матеріал через формуючий прилад з наступним охолодженням. Для переробки ABS екструзійним методом необхідний водокільцевий гранулюючий екструдер, бо в його конструкції передбачена ізоляція перероблюваного матеріалу від кислороду.

Після переробки вторинний ABS потребує сушки. Його щільність нижче ніж у первинного ABS, через наявність пор. Через пори матеріал здатний впитувати воду та зберігати її в собі, через що стане неможливим використання для виготовлення якісного виробу.

Використання вторичного матеріалу є дешевшим, ніж використання первинного. Вторинно перероблений ABS можливо використовувати без додаткових обмежень, бо при переробці його структу остається незмінною.

**Висновки.** Собівартість рукояті становить 66,23 грн, з урахуванням вартості матеріалу, вартості електроенергії, витрат на технічне обслуговування 3D-принтеру та амортизації.

Після виходу рукояті з ладу, за рахунок використання ABS, можливе повторне використання матеріалу після переробки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Brian Evans, Practical 3D Printers: The Science and Art of 3D Printing Apress 2012, ISBN 9781430243939

2. ЩО ТАКЕ 3D ДРУК? ЯК ПРАЦЮЄ 3D ПРИНТЕР? Посилання на джерело: <https://xn--3--klcb4a9av.xn--j1amh/%D1%89%D0%BE-%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B5-3d-%D0%B4%D1%80%D1%83%D0%BA-%D1%8F%D0%BA-%D0%BF%D1%80%D0%B0%D1%86%D1%8E%D1%94-3d-%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80/>

3. ABS plastic recycling – everything you need know. Посилання на джерело: <https://3drific.com/abs-plastic-recycling-everything-you-need-know/>

УДК 621.4

## ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ ПАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕРАТОРА ВОДНЮ

Г.С. Оленич<sup>1</sup>, Д.О. Міщук<sup>2</sup>, М.М. Балака<sup>3</sup>

<sup>1</sup>студент групи ПНМ-31, e-mail: [olenych\\_hs@knuba.edu.ua](mailto:olenych_hs@knuba.edu.ua)

<sup>2</sup>доцент кафедри будівельних машин, e-mail: [mischuk.do@knuba.edu.ua](mailto:mischuk.do@knuba.edu.ua)

<sup>3</sup>доцент кафедри будівельних машин, e-mail: [balaka.mm@knuba.edu.ua](mailto:balaka.mm@knuba.edu.ua)

<sup>1,2,3</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

**Анотація.** Для зниження витрат пального в автомобілях з бензиновими двигунами внутрішнього згоряння необхідно застосовувати енергетичні накопичувачі. Так як для при простоях і переміщенні автомобіля не завжди потрібно стала кількість щосекундної витрати енергії, тож двигун внутрішнього згоряння, який є джерелом енергії працює в більшості випадків в режимі не повного навантаження, витрачаючи надлишкову енергію на нагрівання власних елементів. В якості рекуператора пропонується застосовувати електродіод, який перетворюватиме надлишкову енергію вироблену двигуном в газ водень. Так як водень є горючим газом в частиною складового палива, тому в подальшому можна накопиченим газом компенсувати зменшення витрати пального в двигуні. Пропонується застосовувати електродіод, що виконаний з металевих пластин електродів,