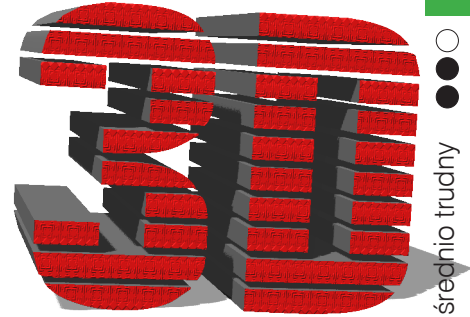


Zapraszamy do kolejnej odsłony naszego kursu! W poprzedniej części udało się nam narysować projekt i wygenerować model gwizdka, a teraz nauczymy się, jak poprawiać pierwszy wydruk, by uczynić z prototypu rzecz pełnoprawną i użyteczną – stworzymy także przyklejany wieszak i uchwyt na wentylator.

PRAKTYCZNY KURS DRUKU



Lekcja 6 – nowe przedmioty i pokonywanie ograniczeń

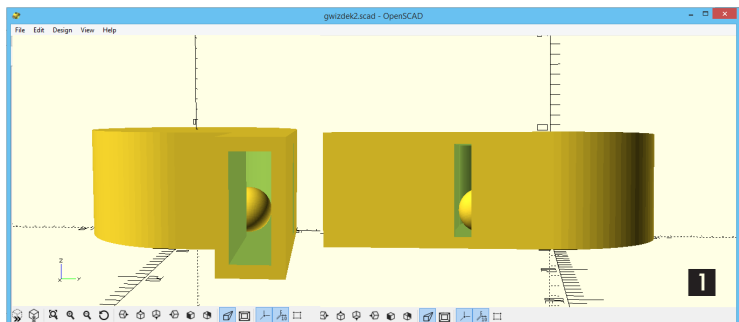
Nasz gwizdek, nad którym pracowaliśmy miesiąc temu, po wydrukowaniu może nie zadziałać. Pierwszy wydruk często wymaga bowiem poprawek. Kształt gwizdka jest wprawdzie odpowiedni, ale należy nieco zmodyfikować wielkość szczeliny i jej położenie (powinna być trochę bardziej cofnięta) oraz wielkość kanału wlotowego (powinien być nieco cieńszy). Po zmianach projekt powinien wyglądać następująco:

```
//gwizdek
difference() {
  cube([10,10,10]); //sześcián
  translate([1,1,1]) cube([8,8,8]);
  translate([0,0,1]) cylinder(h=8, r=9,
    $fn=100);
  translate([9,5,1]) cube([11,4,8]);
  translate([8,9,1]) cube([1.5,2,8]);
}
difference() {
  cylinder(h=10, r=10, $fn=100);
  translate([0,0,1]) cylinder(h=8, r=9, $fn=100);
  translate([1,1,1])
  cube([8,8,8]); }
difference() {
  translate([9,5,0])
  cube([11,5,10]);
  translate([9,6,1])
  cube([11,3,8]);
}
```

Tak przygotowany gwizdek można jeszcze wyposażić w kulkę, która powinna być wydruko-

wana w środku gwizdka, na wprost szczeliny, przez którą będzie można oddzielić kulkę od ścianki bocznej.

```
„difference() {
  cube([10,10,10]); //sześcián
  translate([1,1,1]) cube([8,8,8]);
  translate([0,0,1]) cylinder(h=8, r=9,
    $fn=100);
  translate([9,5,1]) cube([11,4,8]);
  translate([7,9,1]) cube([1.5,2,8]); //szczelina
}
translate([6.5,6,3]) sphere(2, $fn=100); //
kulka
difference() {
  cylinder(h=10, r=10, $fn=100);
  translate([0,0,1]) cylinder(h=8, r=9,
    $fn=100);
  translate([1,1,1]) cube([8,8,8]); }
```



```
difference() {
  translate([9,5,0])
  cube([11,5,10]);
  translate([9,6,1])
  cube([11,3,8]);
}
```

Teraz gwizdek (1) powinien już być w pełni sprawny. Oczywiście można jeszcze eksperymentować z wielkością szczeliny, aby uzyskać lepszy dźwięk, ale tę zabawę pozostawię już jako zadanie domowe.

Program pełen funkcji

W programie OpenSCAD przewidziano wiele gotowych funkcji, które ułatwiają projektowanie. Jedną z nich jest opcja „hull”, która umożliwi połączenie dwóch cylindrów o różnych lub takich samych średnicach. Pisząc krótką komendę, można zaprojektować **przyklejany wieszak (2)**:

```
,$fn=100;
hull() {
  cylinder(h=2,r=6);
  translate([20,0,0]) cylinder(h=2, r=20);
}
translate([2,0,0]) cylinder(h=8, r=3.5);
translate([2,0,8]) cylinder(h=4, r1=3.5, r2=6);"
```

Kolejna ciekawa funkcja to **zmiana cylindra prostego w cylinder eliptyczny**. Można to w najprostszym sposobie uzyskać, wykorzystując funkcję „resize”. Pozwala ona zmieniać wymiary (a co za tym idzie kształt) w każdej z osi. Krótki przykład (3):

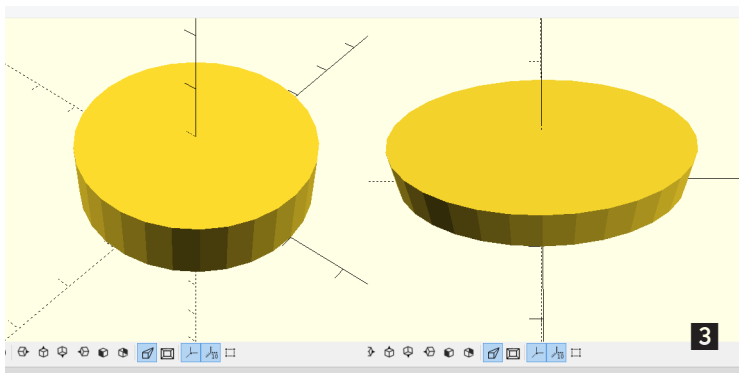
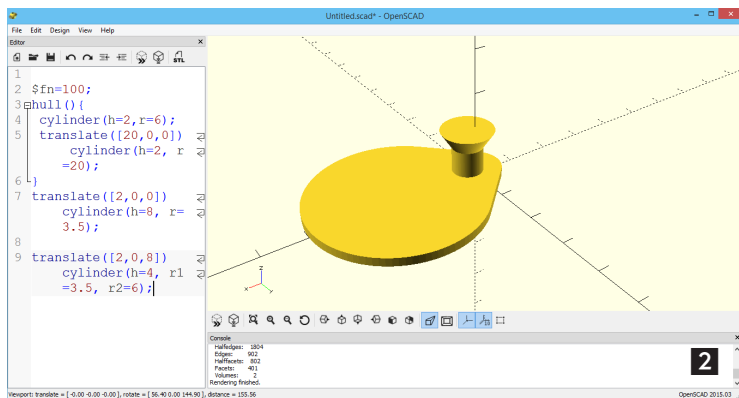
```
„resize([20,40,10]) cylinder(h=10, r=20);"
```

Inną naprawdę ciekawą funkcją jest także **minowski**, służąca do **zaokrąglania narożników** (należy uwzględnić zwiększenie całej bryły o promień cylindra w osi X i Y) (4).

```
,$fn=50;
minkowski()
{ cube([20,20,10]);
  cylinder(r=5,h=10); }
```

Ten sam efekt można wprawdzie uzyskać tradycyjnie, ale wymaga to wycięcia czterech narożników, a następnie wstawienia w te miejsca cylindrów:

```
„difference() {
  cube([30,30,10]);
  cube([5,5,10]);
  translate([25,0,0]) cube([5,5,10]);
  translate([0,25,0]) cube([5,5,10]);
  translate([25,25,0]) cube([5,5,10]); }
  translate([5,5,0]) cylinder(h=10, r=5);
  translate([25,5,0]) cylinder(h=10, r=5);
```



```
translate([25,25,0]) cylinder(h=10, r=5);
translate([5,25,0]) cylinder(h=10, r=5);"
```

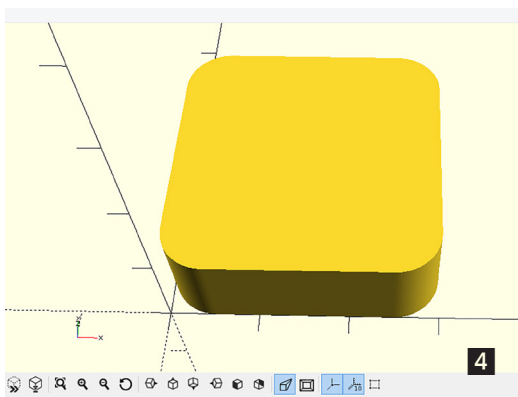
OpenSCAD ma naprawdę wiele gotowych funkcji, które w łatwy sposób umożliwiają projektowanie zaawansowanych modeli dosłownie kilkoma linijkami komend. Jednak projektowanie wymaga także zwracania uwagi na **możliwości konkretnego modelu drukarki**. Zaobserwujemy to w kolejnym projekcie, który powstanie w oparciu o wymiary narzucone odgórnie.

Ograniczenia drukarki uwzględniane podczas projektowania

Przed rozpoczęciem kolejnych projektów warto ustalić parametry drukarki lub założenia przyszłych projektów. Każdy wydruk ma pewne ograniczenia, o których należy pamiętać podczas projektowania.

Najważniejsze to **średnica dyszy głowicy drukarki** oraz **przestrzeń robocza**. W przypadku modelu K8400 średnica dyszy drukarki wynosi 0,35 mm, a objętość wydruku jest ograniczona prostopadłością 180×200×190 mm.

Średnica dyszy to rozdzielczość wydruku w poziomie. Oznacza to, że w tym przypadku najcieńszy element, jaki da się wydrukować na tej drukarce, może mieć 0,35 mm lub jego wielokrotność. To ważne dla wytrzymałości wydruku. Przy takiej rozdzielczości da się bowiem wydrukować ściankę o grubości 0,7 mm, ale już 0,5 będzie poza zasięgiem. Jeśli zaś ścianka ma



pień drukując wzorzec (zwłaszcza materiału docelowego), który powinien zawierać otwory o średnicach od 1 do 20 mm. Przykład takiego wzorca można zobaczyć na ilustracji obok (5), a przykład kodu to:

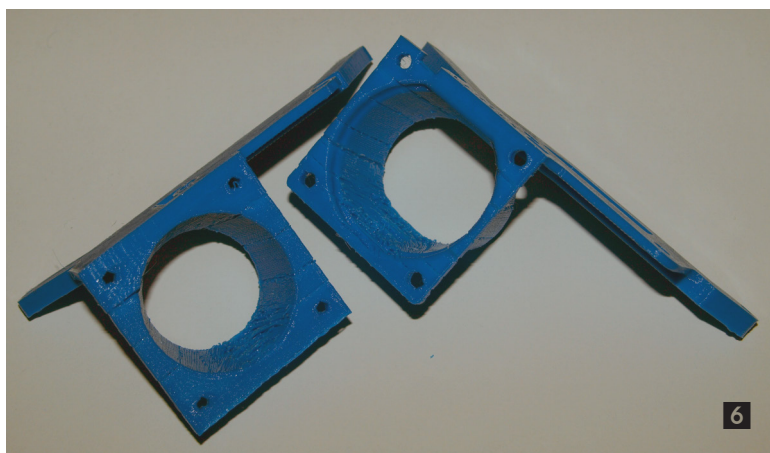
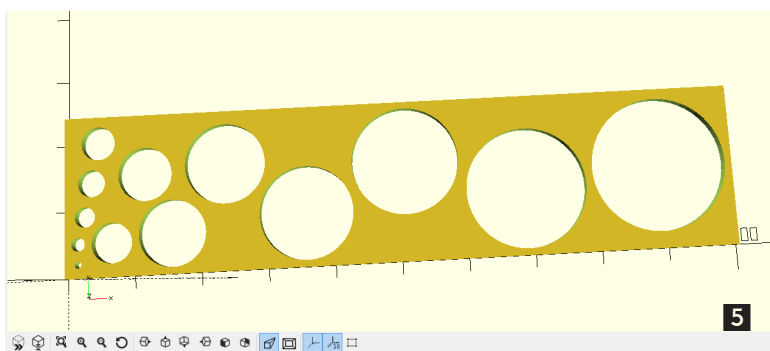
```
//wzorzec otworów
$fn=50;
difference() {
cube([100,24,1.5]);
translate([2,2,0]) cylinder(h=2,r=0.5);
translate([2,5,0]) cylinder(h=2,r=1);
translate([3,9,0]) cylinder(h=2,r=1.5);
translate([4,14,0]) cylinder(h=2,r=2);
translate([5,20,0]) cylinder(h=2,r=2.5);
translate([7,5,0]) cylinder(h=2,r=3);
translate([12,15,0]) cylinder(h=2,r=4);
translate([16,6,0]) cylinder(h=2,r=5);
translate([24,16,0]) cylinder(h=2,r=6);
translate([36,8,0]) cylinder(h=2,r=7);
translate([51,15,0]) cylinder(h=2,r=8);
translate([69,10,0]) cylinder(h=2,r=9);
translate([89,12.5,0]) cylinder(h=2,r=10);
}
```

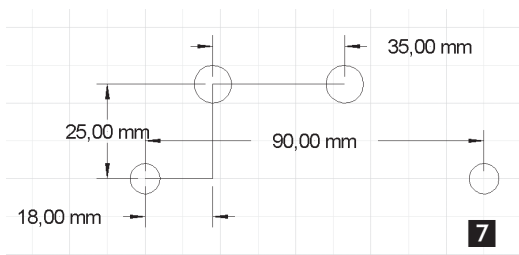
Pomiary poszczególnych otworów pozwolą na uwzględnienie zniekształceń na etapie projektowania. Otwory w projektach równoległe do stołu nie są tak bardzo podatne na zmniejszanie, mają natomiast skłonności do spłaszczania się w osi Z.

wynosić 0,9 mm, to musi składać się z dwóch ścianek 0,35 mm oddzielonych szczeliną o szerokości 0,2 mm, co niestety ma fatalny wpływ na wytrzymałość mechaniczną. Podczas projektowania elementów warto też pamiętać o dużej **dokładności spasowania** – każdy poziomy wymiar wydruku powinien być podzielny przez średnicę dyszy. Najmniejszy detal nie może być mniejszy niż średnica dyszy, ewentualnie należy zaplanować wydruk w pionie, gdzie rozdzielczość jest dużo wyższa (dla K8400 domyślnie wynosi 0,1 mm).

Objętość robocza drukarki ogranicza wielkość pojedynczego wydruku, dlatego projekt powinien składać się z kilku mniejszych elementów lub po ukończeniu należy go pociąć z uwzględnieniem miejsc na łączenie. W przypadku użycia ABS jest to łatwe, wynikające z możliwości klejenia acetonem, natomiast w przypadku PLA należy uwzględnić klejenie cyjanoakrylami lub łączenie mechaniczne (skręcanie, wpusty itp.).

Kolejnym ograniczeniem jest **drukowanie okrągłych otworów**, przy czym otwory o średnicy mniejszej niż 0,7 mm mogą być zupełnie niewidoczne (szczeliny także). Podczas wydruku otworów pionowych można zaobserwować ich zmniejszanie, co wynika ze sposobu drukowania oraz kurczenia się materiału. Ta niedokładność jest większa dla mniejszych otworów, z wielkością zanika, a elementy powyżej 20 mm praktycznie nie mają zmniejszeń. Przy dokładnym spasowaniu należy uwzględnić te czynniki, najle-





Kolejne ograniczenie wynika z właściwości wydruku. Dotyczy ono głównie wysokich i cienkich elementów. Przykładem może być wydruk osi o średnicy 2 mm i wysokości 100 mm, który na 99% ulegnie uszkodzeniu i zniekształceniu. Można częściowo temu zapobiec, wykorzystując opcję chłodzenia poprzez odsuwanie głowicy od wydruku po każdej warstwie. Na szczęście drukując obiekty o bardzo cienkich ściankach i puste w środku (np. wazonik), problem ten się nie ujawnia.

Rozbudowa drukarki K8400

Kolejnym przykładem, służącym do praktycznej nauki projektowania w OpenSCAD, będzie **uchwyt na wentylator**, który zostanie zainstalowany w drukarce Vertex K8400. Standardowy wentylator montowany w dolnej pokrywie obudowy, który w założeniu ma chłodzić elektronikę, nie spełnia swojego zadania. Szczególnie słabo chłodzone są sterowniki silników, dlatego zaleca się przenieść wentylator w pobliże elektroniki i umiejscowić w pozycji pionowej. Przykład takiego rozwiązania obrazuje ilustracja 6. Do montażu uchwytu najlepiej wykorzystać istniejące otwory, które podtrzymują kable i elektronikę. Używając suwmiarki, należy dokładnie pomierzyć odległości pomiędzy otworami, następnie zrobić szkic na kartce papieru, a na koniec zacząć projektować uchwyt. Pomiary wykonane suwmiarką można zobaczyć na rysunku poglądowym, który będzie bazą projektu (7).

Projektowanie trzeba rozpocząć od utworzenia otworów i rozłożenia ich zgodnie z planem – ponieważ będą się powtarzały, warto je utworzyć jako moduły.

Składnia modułu jest następująca: „module nazwa() { komendy};”. Natomiast aby

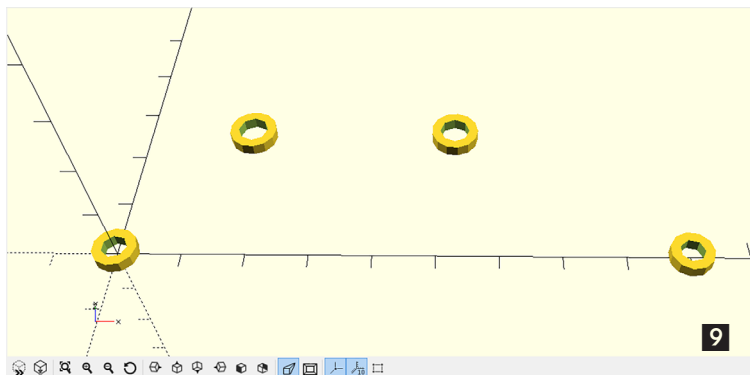
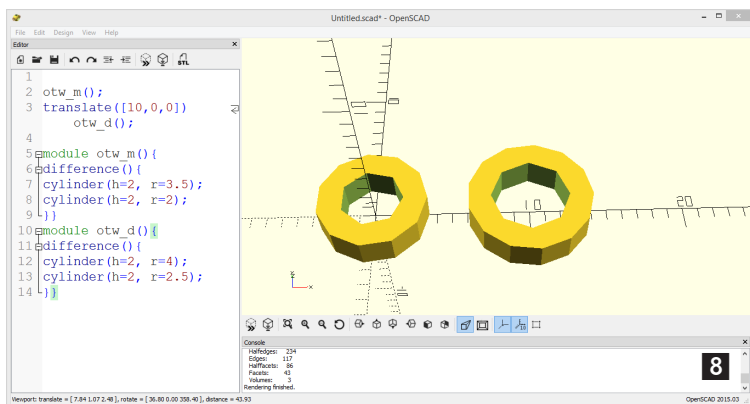
bryłę narysować, należy moduł wywołać: „nazwa();” – przy czym w nawiasach można podawać zmienne, jeśli są używane wewnątrz modułu.

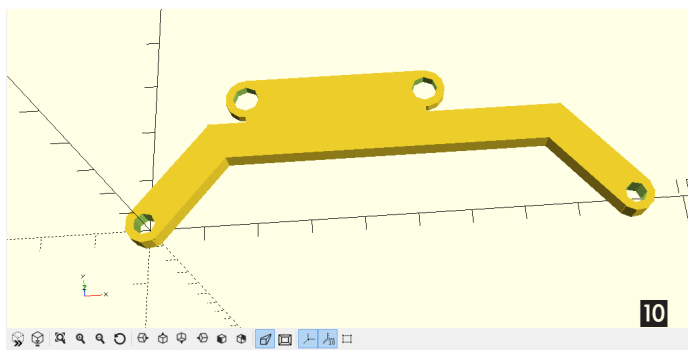
W tym przypadku należy zdefiniować cylinder o średnicy 7 mm, a w nim otwór o średnicy 4 mm oraz 8 mm z otworem 5 mm (8).

```
//Uchwyt
otw_m();
translate([10,0,0]) otw_d();
```

```
module otw_m(){
  difference(){
    cylinder(h=4, r=3.5);
    cylinder(h=4, r=2);
  }
}
module otw_d(){
  difference(){
    cylinder(h=2, r=4);
    cylinder(h=2, r=2.5);
  }
}
```

W następnym kroku musimy ułożyć otwory zgodnie z planem (zwracając uwagę na stronę montażu – w tym przypadku należy projekt odwrócić o 180 stopni). Będzie do tego konieczne użycie opcji „translate” przed wywołaniem każdego z modułów. Zaczynamy od środka układu współrzędnych. Następnie mniejszy otwór przesuwamy w osi X o 90 mm, kolejny większy otwór przesuwamy o 37 mm w osi X i 25





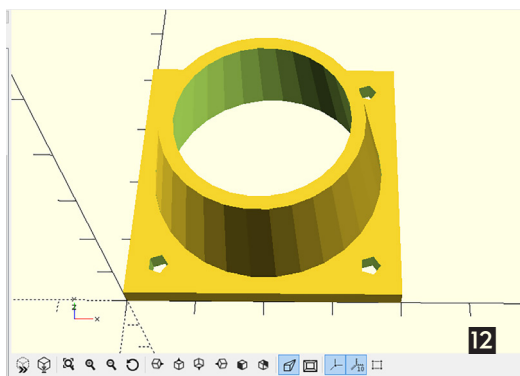
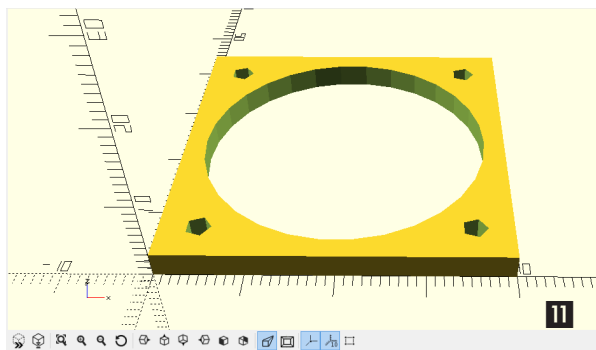
```
cylinder(h=2, r=4);
cylinder(h=2, r=2.5);
}}
```

Większe otwory łączymy poprzeczką o szerokości 10 mm i grubości 2 mm, natomiast mniejsze – poprzeczkami o szerokości 7 mm i grubości 4 mm, przy czym powinny być one skierowane w stronę większych otworów. Wymaga to użycia opcji „rotate([x,y,z])”, a obracanie powinno się odbyć w osi Z. Dopasowane poprzeczki mają kod zbliżony do przykładowego:

```
„translate([37,19,0]) cube([35,10,2]);
translate([2,-3,0]) rotate([0,0,50])
cube([23,7,4]);
translate([93,2,0]) rotate([0,0,130])
cube([22,7,4]);
translate([11,12,0]) cube([67.9,7,4]);”
```

Następnie poprzeczki te należy połączyć w jeden obiekt funkcją „union(){komendy}”, a z tak powstałego obiektu wyciąć otwory wg pierwotnego pomiaru (10):

```
//Uchwyt
//otwory
otw_m();
translate([90,0,0]) otw_m();
translate([37,25,0]) otw_d();
translate([72,25,0]) otw_d();
difference(){
union(){
translate([37,19,0]) cube([35,10,2]);
translate([2,-3,0]) rotate([0,0,50])
cube([23,7,4]);
translate([93,2,0]) rotate([0,0,130])
cube([22,7,4]);
translate([11,12,0]) cube([67.9,7,4]);}
cylinder(h=4,r=2);
translate([90,0,0]) cylinder(h=4, r=2);
translate([37,25,0]) cylinder(h=4, r=2.5);
translate([72,25,0]) cylinder(h=4, r=2.5);
}
```



w osi Y, a ostatni otwór przesuwamy o 72 mm w osi X i 25 mm w osi Y. Po tych zmianach kod projektu będzie wyglądał następująco (9):

```
//Uchwyt
otw_m();//pierwszy
translate([90,0,0]) otw_m(); //drugi
translate([37,25,0]) otw_d(); //trzeci
translate([72,25,0]) otw_d(); //czwarty
```

```
module otw_m(){
difference(){
cylinder(h=4, r=3.5);
cylinder(h=4, r=2);
}}
module otw_d(){
difference(){
```

```
//moduły
module otw_m(){.....}}
module otw_d(){
difference(){.....}}
```

W ten sposób powstał uchwyt mocujący wentylator, jednak teraz należy się skupić na mocowaniu wentylatora. Można to zrobić w nowym projekcie, a następnie wstawić do projektu Uchwyt jako moduł. Na początek należy utworzyć prostopadłościan o wymiarach 40×40×3 mm. W jego rogach (są odsunięte o 4,5×4,5) trzeba wyciąć otwory (o średnicy 3 mm) służące do przykręcenia wentylatora, oraz otwór o średnicy łopatek. Przykładowy kod powinien wyglądać następująco (11):

```
„//wentylator
difference(){
```

```

cube([40,40,3]);
translate([4.5,4.5,0]) cylinder(h=3, r=1.5); //mocowanie
translate([4.5,35.5,0]) cylinder(h=3, r=1.5);
translate([35.5,4.5,0]) cylinder(h=3, r=1.5);
translate([35.5,35.5,0]) cylinder(h=3, r=1.5);
translate([20,20,0]) cylinder(h=3, r=17.5); }//otwór łop-
patki"

```

Następnie trzeba utworzyć płaszcz kierujący nadmuch powietrza w kierunku elektroniki. Najlepiej nadać mu kształt ściętego stożka o grubości ścianki 2 mm. Stożek zewnętrzny powinien mieć średnicę podstawy równą 36 mm, powierzchni ściętą 29 mm, a wysokość 18 mm. Stożek wewnętrzny powinien mieć średnicę podstawy równą 32 mm, powierzchni ściętą 25 mm, a wysokość 18 mm. Oczywiście należy także przesunąć oba stożki w osi X i Y o 20 mm. Komenda rysująca stożek ma składnię zbliżona do cylindera. Muszą być jednak zdefiniowane dwa promienie, podstawy i wierzchołka. Przykładowy kod obrazuje całość (12):

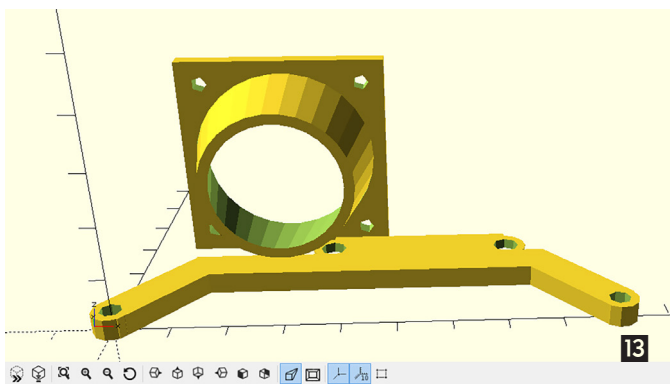
```

//wentylator
difference() {
cube([40,40,3]);
translate([4.5,4.5,0]) cylinder(h=3, r=1.5);
//mocowanie
translate([4.5,35.5,0]) cylinder(h=3, r=1.5);
translate([35.5,4.5,0]) cylinder(h=3, r=1.5);
translate([35.5,35.5,0]) cylinder(h=3,
r=1.5);
translate([20,20,0]) cylinder(h=3, r=17.5);
} //otwór łopatki
difference() { // stożek nawiewu
translate([20,20,0]) cylinder(h=18, r1=18,
r2=14.5);
translate([20,20,0]) cylinder(h=18, r1=16,
r2=12.5); }

```

Teraz cały kod „Wentylator” należy wkleić jako moduł do projektu Uchwyt, a następnie użyć go po obróceniu do pionu. Mocowanie wentylatora powinno znaleźć się tuż obok większych otworów. (13). Najlepiej przesunąć go w osi X o 8 mm oraz osi Y o 33 mm, np. komendą „*translate*([8,33,0]) *rotate*([90,0,0]) *wenty*()”;

Dodatkowo trzeba wzmocnić połączenie mocowania wentylatora z głównym uchwytem oraz podeprzeć dół stożka, aby ścianki podczas wydruku się nie rozwarstwiały. W tym celu należy dodać prostopadłością 20×12×2 mm przesunięty



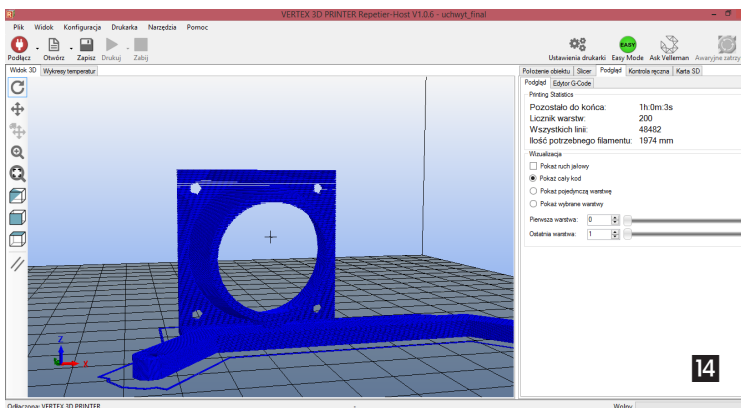
o 8 mm w osi X i 18 w osi Y, oraz dwa mniejsze, które umieszczamy bezpośrednio pod stożkiem. Warto także na początku dodać parametr zwiększający dokładność (oraz czas renderowania) okrągłych elementów oraz otworów, używając komendy „*\$fn=100*”.

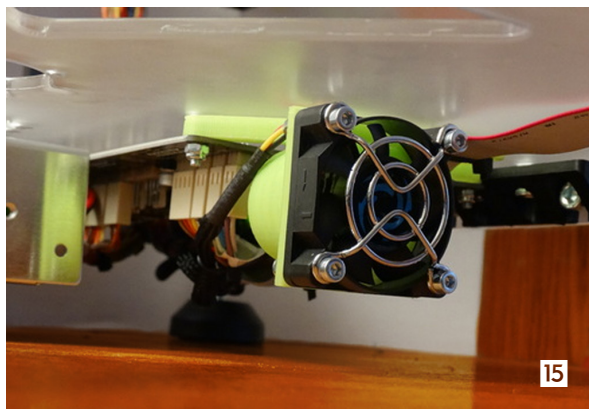
Projekt po zmianach powinien wyglądać następująco:

```

//Uchwyt
//otwory
$fn=100;
otw_m();
translate([90,0,0]) otw_m();
translate([37,25,0]) otw_d();
translate([72,25,0]) otw_d();
difference() {
union() {
translate([37,19,0]) cube([35,11,2]);
translate([2,-3,0]) rotate([0,0,50])
cube([23,7,4]);
translate([93,2,0]) rotate([0,0,130])
cube([22,7,4]);
translate([11,12,0]) cube([67.9,7,4]);
cylinder(h=4, r=2);
translate([90,0,0]) cylinder(h=4, r=2);
translate([37,25,0]) cylinder(h=4, r=2.5);
translate([72,25,0]) cylinder(h=4, r=2.5);
translate([8,33,0]) rotate([90,0,0]) wenty();
} //użycie modułu wenty

```





```
translate([35.5,35.5,0]) cylinder(h=3,
r=1.5);
translate([20,20,0]) cylinder(h=3,
r=17.5); }//otwór łopatki
difference(){ // stożek nawiewu
translate([20,20,0]) cylinder(h=18,
r1=18, r2=14.5);
translate([20,20,0]) cylinder(h=18,
r1=16, r2=12.5);}
}
```

W tym momencie projekt jest już zakończony. Można jeszcze wyciąć otwory, aby ułatwić mocowanie wentylatora, ale nie jest to niezbędne – wszystko zależy od tego, jakie śruby zostaną użyte do montażu. Dla śrub 2,5 nie ma potrzeby nic zmieniać.

Projekt należy jeszcze wyrenderować pod wydruk. Najlepiej użyć przycisku F6. Gdy pojawi się podgląd wydruku, wystarczy zapisać go jako plik *.stl (File=>Export=>Export as STL...). Uzyskany plik trzeba następnie pociąć i wysłać do drukarki (14).

Uzyskany wydruk należy oczyścić, a następnie przymocować do niego wentylator, dokładnie tak jak na ilustracji obok (15). W kolejnym kroku trzeba: przeciąć i usunąć opaskę podtrzymującą taśmę przewodów od elektroniki do wyświetlacza oraz wykręcić dwie śruby podtrzymujące elektronikę z przedniej strony, usunąć czarne tulejki dystansowe, wsunąć w ich miejsce uchwyt i ponownie przykręcić, nową taśmą przypiąć przewody i uchwyt do obudowy. Na koniec pozostaje jeszcze podłączyć zasilanie wentylatora do elektroniki i modyfikacja gotowa. Poprawne chłodzenie elektroniki, a przede wszystkim sterowników silników, pozwoli podczas tuningu podkręcić ich moc oraz uniknąć zatrzymania się awaryjnego drukarki podczas kilkunastogodzinnych wydruków.

Omawiany wzór elementu do kursu został zaczerpnięty z projektu Sławomira Wojnowskiego. Jest dostępny pod linkiem: www.thingiverse.com/thing:734288.

```
translate([8,18,0]) cube([20,12,2]); //wzmocnienie połączenia
translate([26,23,0]) cube([4,8,4]); //podparcie stożka
translate([26,15,0]) cube([4,8,6]); //podparcie stożka
//moduły
module otw_m(){
difference(){
cylinder(h=4, r=3.5);
cylinder(h=4, r=2);
}}
module otw_d(){
difference(){
cylinder(h=2, r=4);
cylinder(h=2, r=2.5);
}}
module wenty(){
difference(){
cube([40,40,3]);
translate([4.5,4.5,0]) cylinder(h=3, r=1.5);
//mocowanie
translate([4.5,35.5,0]) cylinder(h=3, r=1.5);
translate([35.5,4.5,0]) cylinder(h=3, r=1.5);
```



Zatem Jedi zostać chcę

Oprawa: miękka
Format: 140 × 208 mm
Liczba stron: 320 str.
Cena detaliczna: 29,99 zł

Adam Gidwitz – autor z listy bestsellerów „New York Timesa” – w fascynujący sposób opowiada historię znaną z filmu „Imperium kontratakuje”. Już od pierwszych stron czytelnik trafia w sam środek wartkiej akcji i na czas opowieści staje się Lukiem Skywalkerem. Młodzi wielbiciele gwiazdnej sagi wraz z początkującym uczniem Yody rozpoczynają szkolenie i podejmują trudną drogę, żeby u jej końca zostać rycerzami Jedi. Podążanie tą ścieżką to wybór odpowiedni tylko dla nielicznych, ponieważ ciemna strona Mocy jest silna...

Kolejne perypetie Luke’a Skywalkera – od ewakuacji bazy rebeliantów na planecie Hoth po odkrycie mrocznych tajemnic z własnej przeszłości i prawdy o swojej rodzinie – poprzepłatane są opisaniami ćwiczeń, dzięki którym każdy młody padawan może doskonalić się w jasnej stronie Mocy.