

Koncepcja urządzenia drenarskiego

Draining machine concept

JAROSŁAW SELECH
DAWID ROMEK
DARIUSZ ULBRICH
KONRAD WŁODARCZYK
ŻANETA STASZAK
JACEK MARCINKIEWICZ
MATEUSZ ZBONIK *

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.7.97>

Prezentujemy projekt urządzenia ciągnionego do układania rurociągów drenarskich. Projekt stworzono z wykorzystaniem obliczeń matematycznych i w środowisku CAD. W artykule przytoczono podstawowe obliczenia wytrzymałościowe konstrukcji urządzenia. Główne założenia, które ono spełnia, to prostota obsługi i wysoka podatność naprawcza elementu, który podaje rurociąg.

SŁOWA KLUCZOWE: drenaż, konstrukcja, model 3D, CAD

The article contains a draft of a device for laying drainage pipelines. The project was made in a CAD environment. The article contains basic strength calculations of the device structure elements. The main assumptions that the device fulfills is the simple operation and high repairability of the machine element.
KEYWORDS: drainage, construction, 3D model, CAD

Drenowanie jest procesem polegającym na rozłożeniu rurociągu drenarskiego w odpowiednio przygotowanych wgłębieniach, a następnie – na jego zasypaniu. W celu ułatwienia pracy stosuje się urządzenia umożliwiające wykopanie wgłębienia, położenie rurociągu i zasypanie rowka [1].

Maszyny tego rodzaju, dostępne na rynku, mają rozwiązania bazujące na zasadzie pługów do drenowania kreć – podobna metoda działania jest wykorzystywana w wgłębieniach rolniczych [2]. Urządzenia te po przejeździe pozostawiają niewielki rowek, który jest usuwany podczas pracy. W ofercie producentów znajdują się maszyny zaczepiane do ciągnika rolniczego oraz samojezdne. Te często mają napęd gąsienicowy i zwykle są używane w trudniejszym terenie oraz do wykonywania głębszych rowków [3]. W starszych rozwiązaniach stosowano konstrukcje zaczepiane do ciągnika rolniczego i z wałem podczepianym pod WOM, który pozwalał na bezpośrednie zasypywanie rowka zaraz po położeniu rurociągu drenarskiego.

Założenia konstrukcyjne urządzenia

Podczas formułowania założeń konstrukcyjnych wzięto pod uwagę zarówno kryterium kosztów wytworzenia i eksploatacji, jak i łatwość umieszczania węża w przygotowanym wgłębieniu. Ze względu na cenę z projektu wyeliminowano

wszystkie urządzenia elektroniczne, np. system GPS czy laserowy czujnik wysokości [7]. Urządzenie będzie współpracować z ciągnikiem rolniczym, więc powinno być zaczepiane za pomocą trójpunktowego układu zawieszania lub – w uzasadnionych przypadkach – zaczepu polowego. Dodatkowo, aby rozszerzyć jego zastosowanie, musi mieć przyłącza do urządzeń peryferyjnych.

Ważnym kryterium jest głębokość umieszczania rurociągu drenarskiego. Musi ona być na tyle duża, aby podczas zabiegów rolniczych rurociąg nie uległ uszkodzeniu, a znajdująca się w nim woda nie zamrzła pod wpływem ujemnej temperatury. Tę głębokość przyjęto na poziomie 80÷100 cm [4].

Kolejnym założeniem było utworzenie warstwy, która umożliwiłaby przesiąknięcie wody do rurociągu i nie powodowałaby zamulenia węża. Aby urządzenie mogło pracować w trybie ciągłym, przewidziano miejsce na wąż drenarski, który byłby pobierany z zasobnika. Urządzenie powinno zapewniać odpowiednie ułożenie węża (nie może on być zagięty) i tym samym prawidłowe odprowadzanie gromadzącej się wody [5].

Obliczenia wstępne

W celu określenia trwałości urządzenia pod działaniem maksymalnych obciążeń wykonano obliczenia wytrzymałościowe wybranych elementów konstrukcji [6], które są najbardziej narażone na uszkodzenie mechaniczne. Analizowano więc:

- belkę zaczepową,
- długość spawu do zawiasu,
- główną ramę.

W obliczeniach uwzględniono maksymalną siłę ciągnika rolniczego na poziomie 38 kN [3]. Ponieważ urządzenie podczas pracy może być poddane działaniu sił wywieranych przez dwa ciągniki, do obliczeń przyjęto siłę $F_u = 80$ kN.

■ **Belka zaczepowa.** Belkę zaczepową przedstawiono na rys. 1. Składa się ona z profilu zamkniętego w kształcie kwadratu oraz z uchwytów mocujących.

Dane wyjściowe do obliczeń: siła wywierana na belkę $F_u = 80$ kN, długość belki $l = 850$ mm (TUZ kat. II + szerokość ramion ciągnika), grubość ścianki profilu 10 mm. Przyjęto $a = b$ (rys. 1) oraz materiał: stal St4 ($k_{gj} = 94$ MPa).

W obliczeniach wykorzystano zależności:

$$\sigma_g = \frac{M}{W_x} \leq k_{gj} \quad (1)$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F_u = R_A + R_B \quad (2)$$

* Dr inż. Jarosław Selech (jaroslaw.selech@put.poznan.pl), mgr inż. Dawid Romek (dawid.e.romek@doctorate.put.poznan.pl), dr inż. Dariusz Ulbrich (dariusz.ulbrich@put.poznan.pl), dr inż. Konrad Włodarczyk (konrad.wlodarczyk@put.poznan.pl), dr inż. Żaneta Staszak (zaneta.staszak@put.poznan.pl), mgr inż. Jacek Marcinkiewicz (jacek.marcinkiewicz@put.poznan.pl), mgr inż. Mateusz Zbonik (mateusz.zbonik@student.put.poznan.pl) – Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, Politechnika Poznańska

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow R_B \cdot l = F_u \cdot \frac{1}{2}l \Rightarrow R_A = \frac{1}{2}F_u, R_B = \frac{1}{2}F_u \quad (3)$$

$$M_g(x) = R_A x - F_u \left(x - \frac{1}{2}\right) \quad (4)$$

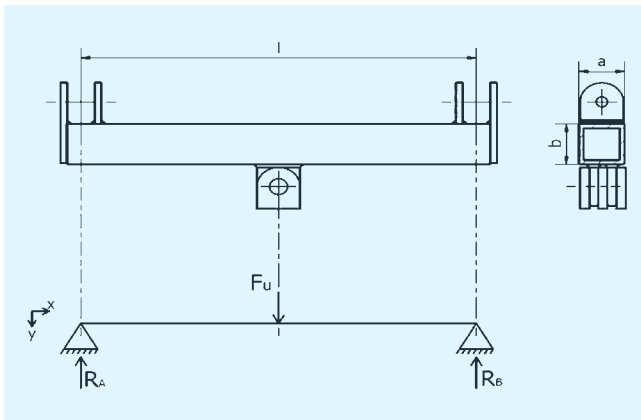
$$M = M_g\left(\frac{1}{2}l\right) = \frac{1}{2}F_u \cdot \frac{1}{2}l - 0 = \frac{1}{4}F_u \cdot l = 17 \text{ MNmm} \quad (5)$$

$$W_x = \frac{a \cdot h^2}{6} - \frac{(a-20)(h-20)^2}{6} = \frac{60a^2 - 1200a + 27\,000}{6} \text{ mm}^3 \quad (6)$$

Po podstawieniu do (1) wartości $k_{gj} = 94 \text{ MPa}$ oraz $M = 17 \text{ MNmm}$ i uwzględnieniu wyrażenia (6) otrzymano:

$$a^2 - 20a - 17635 \geq 0 \quad (7)$$

Ostatecznie przyjęto $a \geq 144 \text{ mm}$.

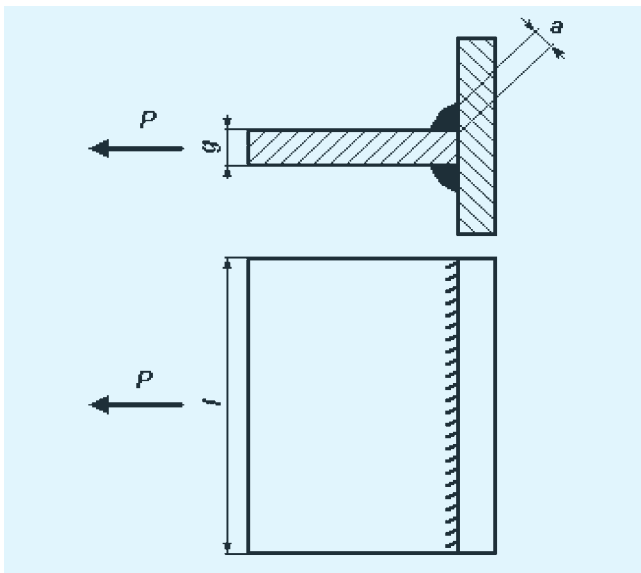


Rys. 1. Szkic belki zaczepowej [5]

■ **Długość spoiny dla elementu mocującego.** Przyjęto następujące założenia (rys. 2): siła rozciągająca połączenie $P = 80\,000 \text{ N}$; grubość spoiny $g = 20 \text{ mm}$; współczynnik statycznej wytrzymałości spoiny $x' = 0,8$; naprężenie dopuszczalne materiału elementów łączonych $k_{tj} = 60 \text{ MPa}$; wymiar spoiny $a = 0,4g = 8 \text{ mm}$. Poszukiwaną długość spoiny oznaczono jako l . Obliczenia wykonano na podstawie danych zawartych w poradniku mechanika:

$$l \geq \frac{F_u}{0,4 \cdot g \cdot x' \cdot k_{tj}} \quad (8)$$

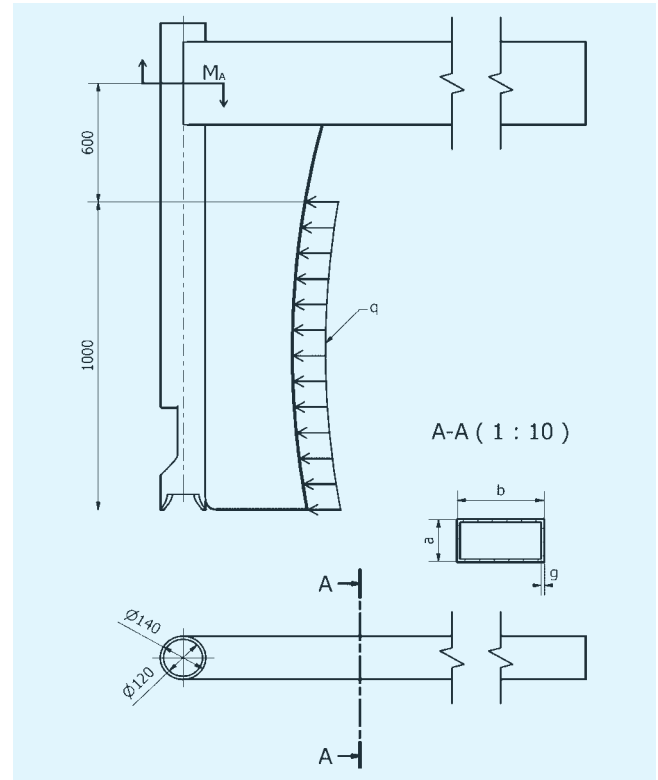
Po podstawieniu do wzoru (8) przyjętych wartości otrzymano: $l \geq \approx 209 \text{ mm}$.



Rys. 2. Szkic do obliczeń spoiny [5]

■ **Główna rama.** Główna rama (rys. 3) to belka wyginana skupionym momentem M_A . Do jego obliczenia przyjęto, że $q = 80 \text{ N/mm}$ (zatem: $q \times 1000 \text{ mm} = 80\,000 \text{ N}$), oraz wykorzystano równanie $\sum M_A = 0$. Otrzymano:

$$M_A = 80\,000 \text{ N} \cdot 5600 \text{ mm} = 448 \text{ MNmm} \quad (9)$$



Rys. 3. Szkic ramy głównej [5]

Następnie wykorzystano zależność:

$$\sigma_g = \frac{M_A}{W_x} \leq k_{gj} \Rightarrow W_x \geq \frac{M_A}{k_{gj}} \quad (10)$$

Ponieważ $M_A = 448 \text{ MNmm}$, a $k_{gj} = 94 \text{ MPa}$ (dla stali St4), zatem $W_x \geq 4\,765\,957 \text{ mm}^3$, a jednocześnie:

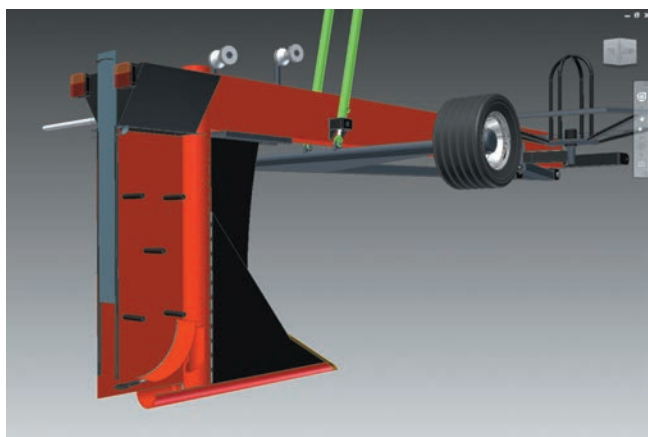
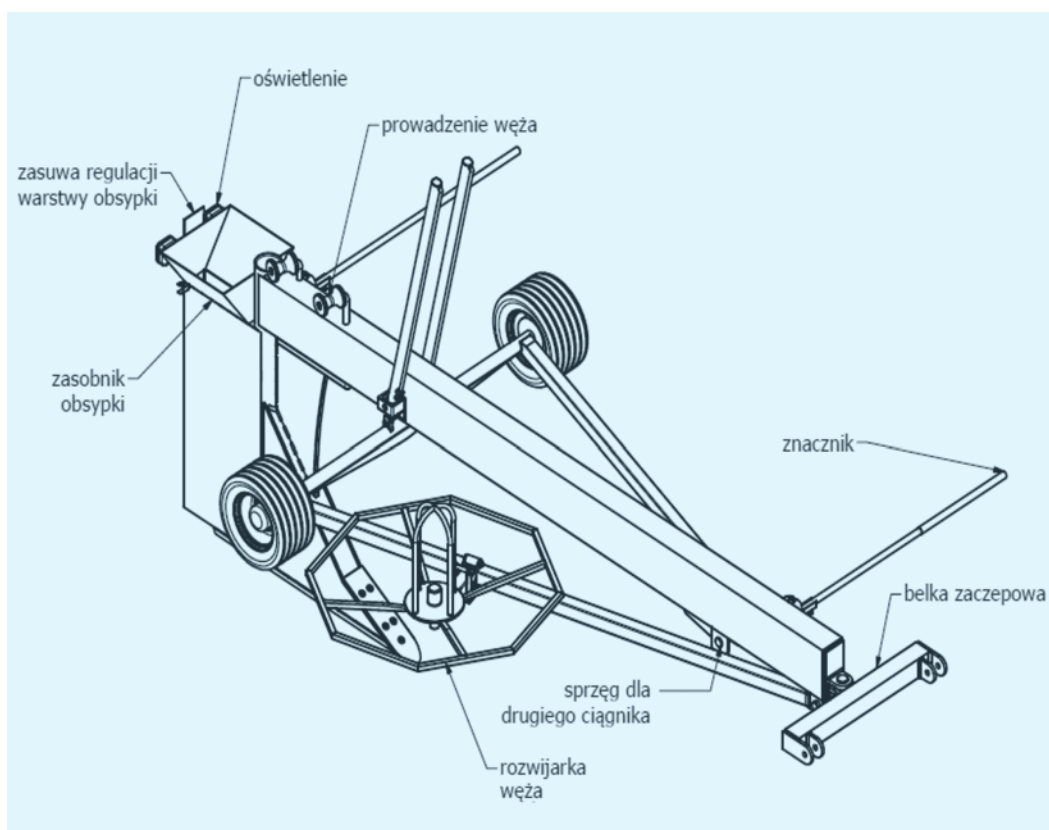
$$W_x = \frac{a \cdot b^2}{6} - \frac{(a-20)(b-20)^2}{6} \quad (11)$$

Po podstawieniu do (11) wartości $a = 140 \text{ mm}$ oraz $W_x = 4\,765\,957 \text{ mm}^3$ otrzymano: $b = 277 \text{ mm}$. Ten wymiar profilu przyjęto jako $b = 300 \text{ mm}$.

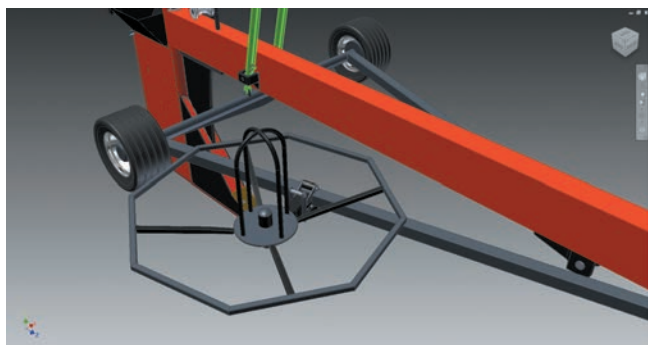
Projekt CAD

Po określeniu warunków brzegowych wykonano projekt w środowisku CAD. Aby spełnić założone wymagania, zaprojektowano maszynę zaczepianą na trójpunktowym układzie mocowania. Projekt jest alternatywą dla drogiej urządzeń dostępnych na rynku. Pojazd jest dopasowany do węży o średnicy $\phi 100$, czyli takiej, jaką mają odnogi melioracyjne, zwane potocznie sączkami. Zrezygnowano ze sterowania komputerowego oraz kosztownych urządzeń elektronicznych – dzięki temu pojazd jest w pełni mechaniczny oraz możliwy do naprawy w warunkach domowych. W celu określenia toru jazdy ciągnika rolniczego zaznaczono miejsca, które pozostawią ślad podczas przejazdu. Maszyna ma dodatkowo sprzęg dla kolejnego ciągnika, przydatny w cięższych warunkach.

Rys. 4. Projekt maszyny [5]



Rys. 5. Maszyna w pozycji pracy wraz z odsłoniętym zasobnikiem na materiał filtracyjny [5]



Rys. 6. Rozwijarka do węża [5]

Projekt CAD urządzenia przedstawiono na rys. 4–6. Obsypka jest podawana w górnej części maszyny, przy czym wysokość jest regulowana za pomocą zasowy umieszczonej w tylnej części maszyny. Ustawia się ją za pomocą śrub znajdujących się w obu końcach stelaża lemieszca.

Wąż podczas układania przez maszynę jest dociskany przez obsypkę. Rozwijarka do węża jest zamocowana z boku maszyny. Ma lekką i prostą konstrukcję, zapewniającą łatwe podawanie węża do rowka (bez zagnieceń i zblokowań).

Wnioski

Model konstrukcyjny spełnił zakładane warunki brzegowe. Zaprojektowane urządzenie może skutecznie konkurować z dostępnymi na rynku rozwiązaniami. Przeprowadzone obliczenia potwierdziły, że urządzenie sprawdzi się w ciężkich warunkach polowych. Projekt CAD jest podstawą do wyprodukowania modelu rzeczywistego urządzenia i przeprowadzenia prób w rzeczywistych warunkach eksploatacji.

Artykuł został sfinansowany z dotacji statutowej Instytutu Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych Politechniki Poznańskiej nr 05/51/DSPB/3551.

LITERATURA

1. Stryjewski F. „Drenowanie”. Warszawa: PWN, 1978.
2. Zakrzewski C. „Melioracje rolne. Odwadnianie. Tom I”. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
3. Materek D. „Analiza wybranych właściwości trakcyjnych ciągnika John Deere 7720”. *Inżynieria Rolnicza*. 103, 5 (2008): s. 127–130.
4. www.inter-drain.com.
5. Zbonik M. „Maszyna do bezrowkowego układania rur”. Praca dyplomowa. IMRiPS, Poznań 2012.
6. Selech J., Ulbrich D., Włodarczyk K., Kowalczyk J., Adamkiewicz J. “The prototype of stream amplifier used in transport of polydisperse medium”. *Procedia Engineering*. 192 (2017): s. 777–781, DOI: 10.1016/j.proeng.2017.06.134.
7. Trojanowska J., Dostatni E. “Application of the theory of constraints for project management”. *Management and Production Engineering Review*. 8, 3 (2017): s. 87–95, DOI: 10.1515/MPER-2017-0031. ■