

Reaktory strużkowe (ang. trickle-bed reactor, TBR) są szeroko stosowane w przemyśle chemicznym i branżach pokrewnych, takich jak przemysł naftowy, petrochemiczny, farmaceutyczny, biochemiczny i utylizacja odpadów ze względu na ich wyjątkowe zalety w obsłudze katalizatorów na dużą skalę i pracy przy wysokich ciśnieniach w reaktorach zawieszinowych. Wydajność tego typu reaktorów zależy od kilku czynników, które wpływają na hydrodynamikę, mieszanie ciekłych faz, wymianę ciepła oraz transfer masy i kinetykę reakcji. Niektóre specyficzne własności, takie jak kształt, wielkość i rozmieszczenie cząstek, charakterystyka upakowania złoża, nierównomierny rozkład przepływu, zwilżanie cząstek katalizatora oraz ich wpływ na szybkość wymiany ciepła i masy, mają kluczowe znaczenie przy projektowaniu przemysłowych reaktorów strużkowych. W związku z tym, obecne i przyszłe technologie oparte na reaktorach strużkowych wymagają fundamentalnej wiedzy na temat funkcjonalności takich procesów, aby umożliwić manipulację i sterowanie reaktorami strużkowymi, co zapewni ich lepszą wydajność oraz wpłynie na sprawniejsze osiąganie stawianych im wymagań.

W idealnych warunkach przepływ cieczy wewnątrz reaktora strużkowego jest równomiernie rozłożony w całej objętości wypełniającego go złoża. Jednakże na losowy układ cząstek duży wpływ ma obecność ściany pojemnika, która w typowych zastosowaniach jest cylindryczną kolumną. Ściana wprowadza porządek do przypadkowej struktury, który choć zmniejsza się wraz z odległością od granicy, prowadzi do oscylacyjnego układu lokalnej frakcji pustych (porowatości) upakowanego złoża. Ten tak zwany efekt przyścienny prowadzi do znacznej nierównomierności przepływu płynu w obszarze przyściennym, zwłaszcza na samej ścianie. Oczekuje się, że odchylenie od regularnego kształtu musi nieuchronnie zmniejszyć uporządkowanie cząstek i zmniejszyć zmienność lokalnej frakcji pustych przestrzeni. Dlatego też głównym celem niniejszego projektu jest zbadanie, w jaki sposób modyfikacje dokonane w konstrukcji ściany kolumny wpływają na strukturę usypanego złoża i przepływ płynu wewnątrz wypełnienia. Cel ten zostanie osiągnięty poprzez wykonanie zarówno działań eksperymentalnych, jak i numerycznych.

Początkowa część projektu skupi się na przeprowadzeniu serii symulacji mających na celu zbadanie wpływu różnych kształtów ścian kolumny na promieniowe rozmieszczenie frakcji pustych przestrzeni w otrzymanych strukturach. Celem tego zadania będzie poszukiwanie konfiguracji zapewniających złagodzenie lub nawet zapobieganie efektowi przyściennemu w kolumnach wypełnionych cząstkami o różnym kształcie i rozmiarze. Najbardziej obiecujące geometrie (modyfikacje ściany kolumny) zostaną wytworzone za pomocą techniki druku 3D, aby zbadać, w jaki sposób zmniejszenie (lub zniwelowanie) efektu przyściennego przyczynia się do rozkładu cieczy wewnątrz struktury opakowania. Kluczowym celem tego zadania będzie sprawdzenie, czy ściana o zmodyfikowanym kształcie powierzchni umożliwia zmniejszenie nieprawidłowego rozkładu cieczy w sąsiedztwie ściany. Ponadto przeprowadzone zostaną symulacje dynamiki płynów metodą obliczeń numerycznych (CFD) przepływu płynu przez złoża znajdujące się w kolumnach o najbardziej interesujących geometriach ścian, aby uzyskać jeszcze bardziej szczegółowe spojrzenie na charakterystykę przepływu płynu, zwłaszcza w obszarze przyściennym.

Otrzymane w ramach proponowanego projektu wyniki eksperymentalne posłużą jako baza referencyjna do walidacji szeregu algorytmów numerycznych pozwalających przewidywać przepływ cieczy wewnątrz losowo wypełnionych kolumn. Badanie szeregu czynników, które mogą potencjalnie wpływać na przepływ cieczy (takich jak wielkość cząstek, stosunek wielkości cząstek, obciążenie cieczy i gazu) nie tylko przyniesie nowe i istotne dane dla tej dziedziny, ale również zapewni głębsze zrozumienie przepływu cieczy w losowych wypełnieniach, co może przyczynić się do bardziej efektywnego projektowania technologii/procesów wykorzystujących wypełnienia losowych struktur cząsteczkowych. W związku z tym będzie to miało również pozytywny wpływ na gospodarkę i społeczeństwo.